



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE TOXICIDADE DE FLORAÇÕES DE
CYANOBACTÉRIAS E PERCEPÇÃO AMBIENTAL EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO
POTIGUAR

JESSICA ROBERTS FONSECA

2014
Natal – RN
Brasil

Jessica Roberts Fonseca

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE TOXICIDADE DE
FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS E PERCEPÇÃO
AMBIENTAL EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Profa. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa**

Co-Orientador: **Profa. Dra. Paula Silva Kujbida**

2014

Natal – RN

Brasil

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de
Biociências

Fonseca, Jessica Roberts.

Avaliação do potencial de toxicidade de florações de cianobactérias e percepção ambiental em açudes do semiárido potiguar / Jessica Roberts Fonseca. – Natal, RN, 2014.

77 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa.

Coorientadora: Profa. Dra. Paula Silva Kujbida.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA.

1. Percepção ambiental. – Dissertação. 2. Cianobactérias. – Dissertação. 3. Aquicultura e ELISA. – Dissertação. I. Costa, Ivaneide Alves Soares da. II. Kujbida, Paula. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 502/504

JESSICA ROBERTS FONSECA

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

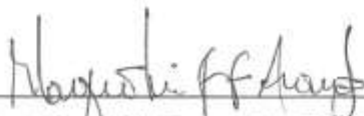
Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:



Profª. Dra. Ivaneide Alves Soares da Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)



Profª. Dra. Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)



Prof. Dr. Luiz Sodré Neto

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

AGRADECIMENTOS

À CAPES e FAPERN pelo apoio financeiro;

À Prof^a Dr^a Ivaneide Alves Soares da Costa pela orientação na elaboração deste trabalho;

Especialmente à Duane Emília e Edson Santana pela imensa ajuda na realização do trabalho,
por todo o apoio, conselhos e paciência;

À equipe da Pscicultura e Aquicultura da EAJ e à equipe do LAMAq pela ajuda,
companheirismo e momentos de descontração;

Aos meus pais e minha família pela amizade, pelo apoio e pelo incentivo principal: sempre ter
firmeza;

Aos meus amigos, que mesmo quando estão longe estão sempre presentes.

Aos meus amigos de turma do PRODEMA e da Biologia por todas as alegrias e apoio.

RESUMO

Avaliação do potencial de toxicidade de florações de cianobactérias como subsídio para ações de gestão ambiental em açudes do semiárido potiguar

Resumo: As florações de cianobactérias comprometem negativamente o meio ambiente aquático, plantas, animais e podem gerar problemas de saúde pública. Algumas espécies são produtoras de toxinas, como a neurotoxina saxitoxinas e a hepatotoxina microcistina, as quais podem contaminar reservatórios de água, como os açudes do semiárido do Rio Grande do Norte, os quais são utilizados para abastecimento da população, pesca, atividades aquicultoras e de lazer, propiciando assim o risco de exposição humana pelas vias oral, dérmica e respiratória. Assim, é recomendado o monitoramento permanente da densidade de cianobactérias juntamente com a quantificação de cianotoxinas. Um dos objetivos com esse trabalho foi realizar o monitoramento da água de quatro açudes do semiárido norterio-grandense através da identificação e contagem de cianobactérias e através da identificação e quantificação das cianotoxinas pelo do método ELISA. Além disso, pretendeu-se avaliar a percepção ambiental de aquicultores e pescadores em açudes do semiárido do RN através de entrevistas semiestruturadas com questões majoritariamente relacionadas à água e eutrofização. Através desses objetivos visou-se o desenvolvimento de estratégias de manejo para aquicultura e prevenção de riscos à saúde pública. Os resultados demonstraram que os maiores valores de microcistinas foram encontrados no período chuvoso. Os padrões de potabilidade da água, de acordo com a portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 e CONAMA 357/05, estabelecem os valores máximos para água bruta de densidade de cianobactérias: 50 mil cel.mL⁻¹; microcistina: 1 µg.L⁻¹ e saxitoxina: 3 µg.L⁻¹. Os valores encontrados de microcistinas variaram entre 0,00227 µg.L⁻¹ e 24,1954 µg.L⁻¹. Das 128 amostras analisadas, 27% estavam acima do permitido. Não foi encontrado um padrão sazonal para saxitoxinas e seus valores variaram entre 0,003 µg.L⁻¹ e 0,766 µg.L⁻¹ com nenhum dos valores acima do permitido. Além disso, 76% dos valores de densidade de cianobactérias estavam acima do permitido. Em relação à percepção ambiental, foram realizadas 52 entrevistas e os resultados mostram que os entrevistados reconhecem os principais usos da água dos açudes, reconhecem a importância e enxergam os mesmos de forma positiva. Eles também percebem que a água está com a qualidade ruim e que pode trazer problemas de saúde. Os resultados fornecem dados que demonstram a permanência de cianobactérias e cianotoxinas, muitas vezes acima do limite, reforçando a importância do monitoramento constante. A avaliação da percepção ambiental dá embasamento a uma posterior proposta de educação ambiental ligada à gestão pública da saúde inserida no contexto dessa determinada população, tornando-a mais efetiva.

Palavras-chave: Cianobactérias. Cianotoxinas. Percepção ambiental. Aquicultura e ELISA

ABSTRACT

Evaluation of the potential toxicity of cyanobacterial blooms as support for environmental management actions in reservoirs in semiarid of RN (Brazil)

Abstract: Blooms negatively compromise the aquatic environment, plants, animals and human health. Some species are toxin-producing, such as the neurotoxin saxitoxin and the hepatotoxin microcystin, which may contaminate water reservoirs, as those existing in the semiarid region of Rio Grande do Norte (Brazil) which are used to supply the population, fishing, aquaculture and recreational activities, thereby providing the risk of human exposure through water intake, dermal contact and respiratory tract. Thus, it is recommended a constant monitoring of the density of cyanobacteria with the quantification of cyanotoxins. One goal with this work was the monitoring of water in four reservoirs in semiarid of RN through the identification and enumeration of cyanobacteria and through the identification and quantification of cyanotoxins by ELISA. Furthermore, we intended to assess the environmental perception of farmers and artisanal fishers in reservoirs of semiarid of RN through semi-structured interviews with questions mostly related to water and eutrophication. Through these objectives the aim was the development of management strategies for aquaculture and prevention of risks to public health. The results showed that the highest values of microcystins were found in the rainy season. Standards for drinking water, according to the guidelines of Ministry of Health 2914/2011 and CONAMA 357/05, setting the maximum values for raw water density of cyanobacteria: 50,000 cel.mL⁻¹; microcystin: 1 µg. L⁻¹ and saxitoxin: 3 µg. L⁻¹. The values found for microcystin ranged between 0.00227 µg. L⁻¹ and 24.1954 µg. L⁻¹. From 128 samples analyzed, 27% were above the limit. There was no clear seasonal pattern for saxitoxins and their values ranged between 0.003 µg. L⁻¹ and 0.766 µg. L⁻¹ with none of the values above the limit. Furthermore, 76% of the densities of cyanobacteria values were above the limit. About environmental perception, 52 interviews were conducted and the results show that the respondents recognize the main uses of water of the reservoirs, recognize the importance and have a positive view about the reservoirs. They also realize that the water has a poor quality and can cause health problems. The results provide data showing the persistence of cyanobacteria and cyanotoxins, many times over the limit, reinforcing the importance of constant monitoring. The assessment of environmental perception gives foundation for later proposed environmental education linked to public health management into the context of this particular population, making it more effective.

Keywords: Cyanobacteria. Cyanotoxins. Environmental perception. Aquaculture and ELISA

LISTA DE FIGURAS

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Figura 1 - Mapa de localização dos açudes estudados (adaptado de Costa et al., 2009).....20

CAPÍTULO I - Determinação dos níveis de microcistinas e saxitoxinas em açudes do semiárido brasileiro por meio do método ELISA

Figura 1 - Localização dos açudes estudados (adaptado de Costa et al., 2009).....51

Figura 2 - Precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2009 e 2011.....51

Figura 3 - Volume Médio Anual (VMA) (%) entre os anos de 2009 e 2011. ARG: Armando Ribeiro Gonçalves; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....51

Figura 4 - Valores de microcistinas encontradas nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....52

Figura 5 - Valores de saxitoxinas encontradas nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....52

Figura 6 - Densidades de cianobactérias nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....52

Figura 7 - Contribuição relativa de cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, dominantes para o total de cianobactérias nos três pontos amostrais do açude Armando Ribeiro Gonçalves (entre 2009 e 2011). *Microcystis* spp* = *M. aeruginosa* e *M. panniformis*.....53

Figura 8 - Contribuição relativa das cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, dominantes para o total de cianobactérias em três dos açudes estudados (entre 2009 e 2011). *Anabaena* spp* = *A. circinalis* e *A. planctonica* e *Microcystis* spp* = *M. aeruginosa* e *M. panniformis*.....54

CAPÍTULO II - Percepção ambiental de pescadores e aquicultores no semiárido potiguar

Figura 1 - Resposta dos entrevistados à pergunta: a água do açude da sua cidade é usada para quê? A categoria “outros” foi representada pelas respostas “banho” e “auxílio para o rio”.....60

Figura 2 - Respostas dos entrevistados à pergunta: você acha que produz lixo e/ou esgoto?.....61

Figura 3 - Respostas dos entrevistados à pergunta: quais desses agentes podem poluir a água?.....62

Figura 4 - Resposta dos entrevistados à pergunta: você sabe dizer para onde vai à água da despesca? A categoria “outros” foi representada pelas respostas “mato” e “bacia de sedimentação”	63
Figura 5 - Resposta dos entrevistados à pergunta: você acredita que esses cianotoxinas podem estar dentro dos peixes?.....	64
Figura 6 - Respostas dos entrevistados à pergunta: o que seu trabalho significa para você? A categoria “outros” abrange as respostas: “renda extra” e “aprendizagem”.....	65
Figura 7 - Respostas dos entrevistados à pergunta: sabe dizer por que a água da barragem fica verde?.....	66
Figura 8 - Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde da barragem pode causar algum problema?.....	67
Figura 9 - Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde pode causar algum problema de saúde para a população?.....	67
Figura 10 - Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde pode causar algum problema para o meio ambiente?.....	68

LISTA DE TABELAS

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Tabela 1 - Características hidrológicas e morfométricas do açudes (Zmax= profundidade máxima; Zm=profundidade média TR= tempo médio de residência).....19

CAPÍTULO I - Determinação dos níveis de microcistinas e saxitoxinas em açudes do semiárido brasileiro por meio do método ELISA

Tabela 1 - Características hidrológicas e morfométricas dos reservatórios estudados. ARG: Armando Ribeiro Gonçalves; PT: Passagem das Traíras; GARG: Garagalheiras. Zmax: profundidade máxima; Zm: profundidade média TR: tempo médio de residência; VMA: Volume Médio Anual.....48

Tabela 2 - Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis limnológicas dos quatro açudes estudados. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....48

Tabela 3 - Médias (\pm desvio padrão) das concentrações de microcistinas e saxitoxinas e médias de densidade de cianobactérias nos reservatórios estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....49

Tabela 4 - Espécies de cianobactérias produtoras de cianotoxinas que foram dominantes nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. CHU = período chuvoso e SEC = período seco. *Anabaena* spp* = *A. circinalis* e *A. planctonica* e *Microcystis* spp* = *M. aeruginosa* e *M. panniformis*. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.....50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1 O IMPACTO NA SAÚDE HUMANA	14
1.2 CIANOTOXINAS: AS TOXINAS DAS CIANOBACTÉRIAS.....	15
1.3 A PERCEPÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL	16
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	19
3. METODOLOGIA	20
3.1 PROCEDIMENTO AMOSTRAL.....	20
3.2 IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DE CIANOBACTÉRIAS.....	21
3.3 ANÁLISE DE MICROCISTINAS E SAXITOXINAS NA ÁGUA	21
3.4 PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE AQUICULTORES E PESCADORES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO I – DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICROCISTINAS E SAXITOXINAS EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO POR MÉTODO ELISA	29
Área de estudo.....	34
Coleta de amostras	34
Identificação e contagem de cianobactérias	35
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO II - PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PESCADORES E AQUICULTORES NO SEMIÁRIDO POTIGUAR	55
1. INTRODUÇÃO	57
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	58
3. METODOLOGIA	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 Perfil dos moradores que trabalham com o pescado	59
4.2 Qualidade e uso da água e poluição ambiental	60
4.3 Sustentabilidade da atividade de cultivo em viveiro	62
4.4 Eutrofização, cianobactérias, cianotoxinas e saúde humana e ambiental	63
4.5 Meio ambiente: sensibilização, relação e percepção	64
5. CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
ANEXOS	74

1. INTRODUÇÃO GERAL

A eutrofização ocorre constantemente em açudes do semiárido do Nordeste do Brasil devido ao grande aporte de nutrientes como fósforo e nitrogênio descartados incorretamente nesses ambientes. Tais nutrientes são gerados principalmente por atividades antrópicas desordenadas, como a utilização excessiva de agrotóxicos e fertilizantes e a produção de esgotos em grande quantidade, o que compromete a qualidade da água, prejudica os organismos aquáticos, a economia, as atividades de aquicultura, a saúde e a população (COSTA et al., 2006a; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006).

Além disso, há o crescimento e/ou estabelecimento portuário, de indústrias têxteis, de siderúrgicas, de indústrias de fertilizantes, da exploração petrolífera, entre outros. Há também o grande e desordenado crescimento residencial próximo às fontes de abastecimento, como os açudes. Essas atividades podem tornar-se potenciais fontes de contaminação, pois com o seu crescimento ocorrendo cada vez de forma mais acelerada e com a inadequação dos serviços de saneamento, o esgoto acaba atingindo e contaminando os corpos hídricos de forma direta ou indireta.

As atividades de pesca e aquicultura podem ser prejudicadas com a eutrofização, ao mesmo tempo em que a própria atividade exercida sem princípios de sustentabilidade também pode contribuir com o problema, e comprometer a qualidade do pescado (GALVÃO et al., 2009).

O principal problema da eutrofização é a consequente geração das florações de cianobactérias muitas vezes compostas por espécies produtoras de cianotoxinas, que podem prejudicar o meio ambiente, plantas, animais e seres humanos (KÓS et al., 1995; CHORUS e BARTRAM, 1999). Essas florações tóxicas modificam negativamente a qualidade da água, causando mau cheiro, alteração de cor e sabor desagradável e afetam também a atividade pesqueira, impedindo inclusive a locomoção das canoas quando se encontram muito densas. Além disso, causam uma diminuição na qualidade do pescado, pois a carne pode apresentar um sabor desagradável e toxinas acumuladas (GALVÃO et al., 2009).

Algumas toxinas podem causar irritações na pele e sintomas diversos que são semelhantes aos de uma gastroenterite, tais como diarreia, dores abdominais e vômitos (CHORUS e BARTRAM, 1999; FUNARI e TESTAI, 2008).

A mais importante rota de exposição às cianotoxinas é a oral (direta), que ocorre através da ingestão de água e suplementos alimentares. Outra forma de exposição é a indireta,

que ocorre através do consumo de alimentos, como peixes, crustáceos, moluscos e plantas (GALVÃO et al., 2009; PAPADIMITRIOU et al., 2012; CHEN e XIE, 2005, 2007; DITTMANN e WIEGAND, 2006), nos quais as cianotoxinas podem estar bioacumuladas (GUTIÉRREZ-PRAENA et al., 2013). Além disso, pode ocorrer a contaminação por exposição dérmica e pulmonar durante as atividades recreacionais. A possibilidade de intoxicação pelo uso de água contaminada por meio de hemodiálise também pode ocorrer (JOCHIMSEN et al., 1998; AZEVEDO et al., 2002). Assim, são recomendados a avaliação e o controle de cianobactérias e cianotoxinas, especialmente em águas para consumo humano (IBELINGS e CHORUS, 2007; CHORUS e BARTRAM, 1999).

A perda da qualidade de água do açude, além de se tratar de um problema ambiental e econômico, trata-se também de um problema social, já que a saúde pública e o trabalho de muitas pessoas podem ser afetados. Por isso, é essencial saber como a população percebe o meio ambiente a sua volta, se ela tem conhecimento do problema da poluição da água, como ele pode afetá-la e o porquê dele ocorrer.

1.1 O IMPACTO NA SAÚDE HUMANA

No Brasil, a presença de cianotoxinas foi registrada em ambientes de água doce (AN et al., 2001; LAGOS et al., 1999; MONSERRAT et al., 2001; YUNES et al., 2003) e no Rio Grande do Norte, a presença de saxitoxinas e microcistinas em água para abastecimento humano foi reportada em água bruta e tratada (COSTA et al., 2006) de açudes. No semiárido do Rio Grande do Norte, os açudes são utilizados principalmente para abastecimento público, pesca e aquicultura. Eles apresentam florações tóxicas e mistas compostas por até três espécies (*Planktothrix agardhi*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis* spp) atingindo densidade acima de um milhão de células/mL (COSTA et al., 2006; 2009).

A contaminação mais comum envolvendo cianobactérias é ocasionada por uma hepatotoxina, a microcistina, mas também pode ser causada por saxitoxinas (STXs), que são neurotoxinas chamadas de PSPs (paralytic shellfish poisons). Assim, o monitoramento da qualidade da água para consumo humano deve ser realizado constantemente (IBELINGS e CHORUS, 2007; CHORUS e BARTRAM, 1999), a fim de identificar e quantificar as cianobactérias e as cianotoxinas que estiverem presentes tanto na água quanto no meio intracelular. Dessa maneira, é possível tentar amenizar o problema da presença das florações de cianobactérias e advertir a população sobre os riscos de consumo da água contaminada.

1.2 CIANOTOXINAS: AS TOXINAS DAS CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias são organismos procariontes que realizam fotossíntese e apresentam uma estrutura igual à de uma bactéria (CALIJURI et al., 2006). Elas possuem diversas adaptações que as levam a desenvolver florações, dentre elas destacam-se a adaptação às altas concentrações de nutrientes, à elevada temperatura e à alta turbidez da água. Além disso, possuem as habilidades de estocar fósforo, de minimizar a herbivoria e de controlar sua flutuabilidade na coluna d'água (CALIJURI et al., 2006). Desta maneira, algumas características típicas dos mananciais de regiões semiáridas, como temperaturas elevadas o ano todo e elevada turbidez, tornam esses ambientes naturalmente vulneráveis às florações de cianobactérias. Junto a isso, existem as ações antrópicas, responsáveis por descargas excessivas de dejetos ricos em fosfatos no ambiente aquático, permitindo assim, o aumento das florações.

As cianobactérias produzem diversos metabólitos secundários, dentre eles podem-se destacar os compostos tóxicos que são denominados de cianotoxinas (CARMICHAEL, 1992). As toxinas podem ser classificadas em endotóxicas e exotóxicas, de acordo com a origem e a forma que são dispersas no meio ambiente. As exotóxicas são proteínas muito específicas, secretadas em baixas concentrações e possuem uma ação altamente tóxica. Já as endotóxicas são constituídas por polissacarídeos e lipídeo A e compõe a parede celular de grande parte das cianobactérias e bactérias gram negativas. Essas endotoxinas, que são dispersas na água quando a célula sofre lise ou entra em senescência, possuem uma ação pouco tóxica, mas podem ser letais em altas doses.

Não se pode afirmar com segurança que as cianobactérias dispersam suas toxinas na água. O que geralmente ocorre é a liberação das cianotoxinas, e o conseqüente aumento de sua concentração, devido à lise das células de cianobactérias (CALIJURI et al., 2006). Isso pode ocorrer devido a mudanças ambientais, que causam a diminuição das florações, ou através do processo de tratamento da água utilizada para o abastecimento.

As cianotoxinas podem ser classificadas de acordo com sua ação: hepatotoxinas, que agem principalmente no fígado; neurotoxinas, que agem no sistema nervoso, e dermatotoxinas, que agem na pele (CALIJURI et al., 2006; SIVONEN e JONES, 1999). As microcistinas (hepatotoxina) é produzida por espécies dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Plankthotrix* e *Oscillatoria* (CHORUS e BARTRAM, 1999). Estas toxinas podem inibir as proteínas fosfatases tipo 1 e 2A de células eucariontes e são potentes promotoras de tumores

hepáticos (HUMPAGE e FALCONER, 1999). Essa inibição causa uma hiperfosforilação impedindo a regulação de várias atividades intracelulares, levando a um desacoplamento total dessas atividades. Esse desacoplamento pode ocasionar a necrose de células hepáticas ou a promoção de tumores (HUMPAGE e FALCONER, 1999; CHORUS e BARTRAM, 1999) em mamíferos e peixes. Além disso, as hepatotoxinas podem causar a desestruturação do citoesqueleto e a retração do tecido hepático, ocasionando o aumento do espaço entre as células. Como as células dos capilares sofrem retração, o sangue passa a preencher os espaços vazios, causando lesões musculares e muitas vezes provocam o choque hipovolêmico (CARMICHAEL, 1994a).

As saxitoxinas (neurotoxinas) podem bloquear canais de sódio levando à progressiva paralisia do músculo respiratório, causando morte por asfixia em mamíferos (HUMPAGE, 2008; CHORUS e BARTRAM, 1999). Além disso, essas toxinas podem provocar diversos sintomas: vômito, sede, taquicardia, enjoo, tonturas e adormecimento da boca e extremidades (CARMICHAEL, 1992; AZEVEDO, 1998). As STXs são produzidas por espécies dos gêneros *Anabaena*, *Planktothrix*, *Cylindrospermopsis*, *Aphanizomenon* e *Lyngbya* (CHORUS e BARTRAM, 1999; FUNARI e TESTAI, 2008).

Para que as cianotoxinas e as cianobactérias sejam monitoradas na água de forma padronizada e eficiente, o monitoramento deve ser feito de acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) que regulamenta o controle da qualidade de água para consumo humano e seus padrões de potabilidade e define os valores máximos para microcistinas: $1 \mu\text{g. L}^{-1}$; saxitoxina: $3 \mu\text{g. L}^{-1}$ e de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (águas Classe II), que estabelece o valor máximo de cianobactérias: $50.000 \text{ cel.mL}^{-1}$.

1.3 A PERCEPÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL

As concepções que as pessoas têm do meio ambiente são constituídas principalmente pelas vivências e percepções que cada pessoa tem relacionadas a esse meio. Ter conhecimento de como as pessoas percebem o ambiente é fundamental para a tomada de decisões tanto na questão da gestão pública e de recursos hídricos (RODRIGUES et al., 2012; SAITO, 2011) quanto na questão das atividades relacionadas à educação ambiental.

A percepção ambiental está ligada intimamente à relação que o ser humano tem com o meio ambiente. Essa percepção é um conjunto de ideias (julgamentos, expectativas e

pensamentos) que se traduzem em ações e manifestações por parte dos indivíduos, que reagem de maneira diferente em relação ao meio (FAGGIONATO, 2005).

O estudo da percepção ambiental é importante, pois através dela podemos avaliar a conscientização ambiental, a relação das pessoas com o meio ambiente (VILLAR et al., 2008) e trabalhar em questões futuras, como por exemplo, o esclarecimento de temas de grande importância para a compreensão do meio ambiente e mudanças necessárias relacionadas a futuras ações ligadas principalmente à preservação e sustentabilidade ambiental e conflitos e insatisfações ligados a gestão pública (BERLINCK et al., 2003).

A percepção ambiental pode ser estudada através de várias ferramentas, dentre elas estão as entrevistas, os questionários, mapas mentais, estudo de caso e análises de fotografias (FAGGIONATO, 2005). Através da aplicação de entrevistas é possível ter uma noção da realidade de um determinado grupo inserido numa determinada região. Somente é viável obter essas informações através da participação direta da população, por isso torna-se necessária a realização do estudo da percepção.

Em relação aos recursos hídricos e a saúde da população relacionada à qualidade da água, é possível afirmar que há muitos temas a serem esclarecidos (SANTOS et al., 2013; MEDEIROS e ARAÚJO, 2013; PETROVICH, e ARAÚJO., 2009.; ARAÚJO et al., 2011). E somente após fazer uma averiguação da percepção ambiental em relação a determinados temas, é possível elaborar propostas de educação ambiental, pois estas devem ser direcionadas à realidade de um determinado grupo e região (FAGGIONATO, 2005). Além disso, a percepção ambiental é fundamental na preservação de recursos hídricos, pois ela pode servir de instrumento no monitoramento e controle ambiental. Assim, a população pode atuar fiscalizando ações que devem ser cumpridas por ela mesma e pelos gestores, averiguando se estão sendo feitas ou não de forma correta e quando não, devem atuar exigindo o cumprimento das ações estabelecidas (RODRIGUES et al., 2012).

Os pescadores e aquicultores de regiões semiáridas do RN possuem uma relação direta com meio ambiente aquático, já que eles trabalham com o pescado que é retirado diretamente dos açudes (pesca) ou utilizam a água dos açudes para criar o pescado (aquicultura). Dessa forma, pesquisas sobre a percepção ambiental dessa comunidade podem fornecer informações únicas que podem traduzir sua relação com o ambiente aquático ajudando a estabelecer metas e apontar temas que podem ser esclarecidos e subsidiar outros trabalhos de educação ambiental, visando à mitigação de problemas locais. Com tais informações também é possível criar estratégias que contribuam para atividades de sensibilização e educação ambiental

voltadas para a preservação da qualidade de água dos açudes e um desenvolvimento sustentável eficiente (VILLAR et al., 2008).

De acordo com estudos realizados no LAMaQ (Laboratório de Microbiologia Aquática – UFRN) e nos ambientes estudados, uma das hipóteses para esse estudo é que as cianotoxinas (microcistinas e saxitoxinas) estão presentes continuamente nos açudes estudados. A outra hipótese é que os pescadores e aquicultores sabem que há problemas ambientais que afetam a qualidade da água do açude e conseqüentemente a saúde deles. Mas, não sabem claramente o motivo que está ocasionando esses impactos ambientais.

Diante do exposto, o objetivo geral com esse estudo consiste em monitorar a presença de cianobactérias e das cianotoxinas (microcistinas e saxitoxinas) presentes em açudes do semiárido nordestino, e avaliar a percepção ambiental de pescadores e aquicultores do semiárido nordestino, visando fornecer subsídio para ações de sensibilização ambiental; o desenvolvimento de estratégias de manejo para aquicultura e prevenção de riscos à saúde pública.

Os objetivos específicos consistem em (1) identificar e quantificar as espécies de cianobactérias; (2) identificar e quantificar microcistinas e saxitoxinas nos açudes e (4) fornecer dados para subsidiar atividades de divulgação e educação científica com pescadores e aquicultores a partir do diagnóstico da percepção ambiental.

Em atendimento aos objetivos e conforme padronização estabelecida pelo Programa, esta Dissertação se encontra composta por esta Introdução geral, uma Caracterização geral da Área de estudo, Metodologia geral empregada para o conjunto da obra (dissertação) e por dois capítulos que correspondem a artigos científicos submetidos à publicação. O Cap. 1, intitulado “DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICROCISTINAS E SAXITOXINAS EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO POR MEIO DO MÉTODO ELISA”, foi submetido ao periódico *Acta Limnologica Brasiliensia*, e, portanto, está formatado conforme esse periódico (Normas no site http://www.ablimno.org.br/arquivos/acta_author_instructions.pdf); O Cap. 2, intitulado “PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PESCADORES E AQUICULTORES NO SEMIÁRIDO POTIGUAR”, foi submetido ao periódico *Ciência e Natura* e, portanto, está formatado conforme esse periódico (Normas no site http://cascavel.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura).

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte. Esta bacia ocupa 32,8% do território estadual, sendo responsável por 79,6% do volume de água que é acumulado no estado.

As coletas foram realizadas em seis pontos amostrais, sendo três no açude Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (ARG): Itajá (5°38'1" Sul e 36° 50' 59" Oeste), São Rafael (SR) (5° 47' 27" Sul e 36° 52' 43" Oeste) e Jucurutu (6° 2' 3" Sul e 37° 1' 15" Oeste); um no Passagem das Traíras (PT) (6° 27' 16" Sul e 36° 52' 29" Oeste) ; um no Itans (6° 27' 35" Sul e 37° 5' 56" Oeste); um no Garagalheiras (GARG) (6° 27' 36" Sul e 36° 38' 28" Oeste (Figura 1).

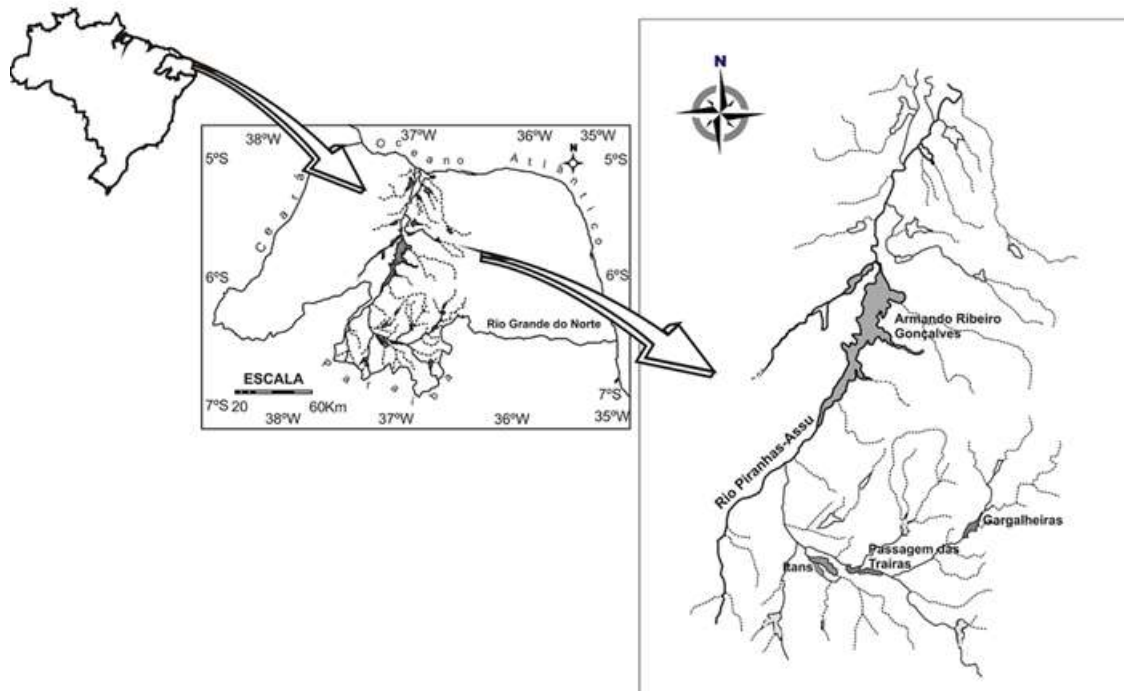
Os açudes foram construídos pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), exceto o PT que foi construído pelo DER (Departamento de Estradas de Rodagem do RN) no intuito de amenizar as condições da seca, que ocorre devido a curtos períodos com intensas precipitações e longos períodos sem precipitação, principalmente na região semiárida do RN. O ARG e foi construído em 1983; localiza-se a 2 km da cidade de Assu e é o maior açude do Rio Grande do Norte com capacidade de comportar 2.400.000.000 de m³ de água (Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu; DNOCS). Todos os açudes apresentam estado de eutrofização elevado e apresentam constantes florações tóxicas de cianobactérias (COSTA et al., 2009).

Os reservatórios são usados principalmente para abastecimento humano, mas também são utilizados para atividades de aquicultura, irrigação, lazer, pesca, entre outros. Por isso, é desejável que a água seja mantida com uma boa qualidade para garantir seus usos de forma adequada para a sobrevivência humana.

Tabela 1. Características hidrológicas e morfométricas dos açudes (Z_{max}= profundidade máxima; Z_m=profundidade média; TR= tempo médio de residência)

AÇUDES	ARG	PT	ITANS	GARG
Volume Máximo (x 10⁶ m³)	2.400	48,8	81,7	44,4
Z_{máx} (m)	40	25	23	29
Z_m médio (m)	12,2	3,9	5,1	4,4
Tempo de Residência (m³/anos)	3,65	0,26	2,46	6,22

Figura 1. Localização dos açudes estudados (adaptado de Costa et al., 2009).



Adaptado de Costa et al., 2009.

3. METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTO AMOSTRAL

Foram realizadas coletas de água (frequência mensal de 2009 a 2011) em açudes que apresentavam florações permanentes de cianobactérias produtoras de cianotoxinas, conforme demonstrado por COSTA et al., 2009; PANOSSO et al., 2007 e ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006. As amostras de água foram coletadas ao longo da coluna d'água abrangendo seis profundidades, três na zona afótica e três na zona fótica. Para obter uma única amostra de cada extrato, as amostras foram integradas.

Em cada ponto de coleta foram medidos parâmetros de condutividade, turbidez, temperatura, pH e oxigênio dissolvido através de uma sonda multiparamétrica. Para estimar a transparência da água, utilizou-se a profundidade de extinção obtida com o disco de Secchi. A zona eufótica foi obtida através do cálculo de 2,7 vezes a transparência da água estimada com o Secchi (COLE, 1975).

As amostras de água (posteriormente fixadas com formal a 4%) foram obtidas com rede de plâncton (20 μ m), em arrastos verticais para identificação do fitolâncton usando

material vivo (200 mL). Com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, foram coletadas amostras de água para análise de microcistinas e saxitoxinas por ELISA (200 mL) e contagem do fitoplâncton (200 mL). Essa última foi fixada com lugol acético a 1%. As amostras de água para análise de microcistinas e saxitoxinas foram congeladas até o processamento das análises.

Para realizar as entrevistas com os pescadores e aquicultores que vivem no entorno dos açudes, utilizou-se como instrumento um questionário composto de questões fechadas, semiabertas e abertas.

3.2 IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DE CIANOBACTÉRIAS

A identificação das populações de cianobactérias e demais grupos do fitoplâncton foi realizada por meio de microscopia óptica, sempre que possível em nível de espécies, por meio da análise de características morfológicas e morfométricas das fases reprodutivas e vegetativas. O Sistema de classificação adotado foi KOMÁREK e ANAGNOSTIDIS (1998) para o gênero *Chroococcales*, KOMÁREK e ANAGNOSTIDIS (2005) para as *Oscillatoriales* e KOMÁREK e ANAGNOSTIDIS (1989) para as *Nostocales* e obras especializadas para os outros grupos do fitoplâncton. A densidade das populações foi estimada (cel/mL) pelo método de UTERMÖHL (1958) usando um microscópio invertido e a contagem foi feita em campos aleatórios (UHELINGER 1964) até alcançar 100 indivíduos da espécie mais frequente, sendo o erro inferior a 20%, a um intervalo de confiança de 95% (LUND et al., 1958). Em caso de floração foram contabilizados 400 indivíduos da espécie dominante, conferindo um erro de 10% (CHORUS e BARTRAM, 1999).

3.3 ANÁLISE DE MICROCISTINAS E SAXITOXINAS NA ÁGUA

As amostras de água foram congeladas e descongeladas três vezes, filtradas com filtros de fibra de vidro (Whatman GF / C) e em seguida foram sonicadas para que houvesse a lise das células, garantindo que a quantidade total de cianotoxinas fosse analisada, tanto as que estavam na água como as que estavam dentro das células antes da lise. Depois desse processo, as amostras foram analisadas através da técnica de Ensaio do Imunoadsorvente Ligado à Enzima (ELISA) utilizando kits comerciais ELISA, marca Beacon, de acordo com as instruções do fabricante.

3.4 PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE AQUICULTORES E PESCADORES

Para a avaliação da percepção ambiental foi realizada uma seleção dos entrevistados através de dois critérios: ter idade igual ou superior a 18 anos e trabalhar direta ou indiretamente com o pescado (pescadores e aquicultores). Nos dias das entrevistas, nas vilas dos pescadores, percorreram-se a pé todas as casas e foram entrevistados os moradores presentes que se adequavam aos critérios e quiseram participar assinando um TCLE (anexo 2). Da mesma forma no viveiro, os aquicultores presentes no momento, foram entrevistados.

A partir da seleção com base nos critérios, foram obtidas 52 entrevistas com os pescadores e aquicultores do semiárido do RN: 29 entrevistas no município de Acarí e 23 no município de Itajá. As perguntas da entrevista (anexo 1) foram elaboradas a fim de entender como esses grupos compreendem o meio ambiente, como se relacionam com o açude, como enxergam os problemas ambientais e se sabem que eles podem afetar sua saúde e a qualidade do pescado.

As entrevistas foram realizadas nas vilas de pescadores e nos viveiros que ficam às margens dos açudes: em Acarí, próximos ao Marechal Dutra (Gargalheiras) e em Itajá, próximos ao Armando Ribeiro Gonçalves (ARG). Os dois grupos de entrevistados foram denominados de: comunidade Acarí e comunidade Itajá.

Foram elaboradas três questões fechadas, seis semiabertas e 16 abertas, caracterizando a entrevista como semiestruturada (BONI e QUARESMA, 2005). As entrevistas poderiam ser respondidas de forma escrita ou verbal (com opção de ser gravada ou não). Esse tipo de entrevista é eficiente, pois ele abrange uma amostra da população mais satisfatória do que uma entrevista somente com questões fechadas, por exemplo. Isso ocorre principalmente pelo fato de muitas pessoas não se sentirem a vontade sobre escrever a respeito de certos temas e preferirem falar sobre eles (SELLTIZ, 1987 *apud* BONI e QUARESMA, 2005). As questões fechadas restringem a opinião das pessoas e é possível que elas fiquem pouco a vontade com isso, mas essas questões tornam mais rápida a análise dos dados (ARAÚJO et al., 2011) e fazem com que a entrevista fique um pouco mais breve, exigindo menos tempo das pessoas. Já as questões abertas permitem que o entrevistado se expresse livremente, abrangendo um maior número de informações e obtendo uma melhor qualidade nas respostas, que podem ser mais completas e aprofundadas, porém, demoram mais para serem analisadas posteriormente (BONI e QUARESMA, 2005; ARAÚJO et al., 2011).

As questões da entrevista foram divididas em perfil dos entrevistados e quatro eixos temáticos: 1- Qualidade e Uso da Água e Poluição Ambiental; 2- Sustentabilidade do Cultivo em viveiro; 3- Eutrofização, Cianobactérias, Cianotoxinas e Saúde humana e ambiental e 4- Meio Ambiente: sensibilização, relação e percepção.

Para traçar o perfil do entrevistado, foram feitas perguntas sobre o gênero, idade, grau de escolaridade, município em que reside, especialidade de trabalho e há quanto tempo exerce essa especialidade. De acordo com o município que o entrevistado residia, o eixo temático dois era aplicado ou não. Isso porque no município de Acarí não existem viveiros de cultivo de pescado, assim, nesse município as questões relativas ao cultivo em viveiro não foram aplicadas. Essas questões eram relativas à origem e qualidade da água para o cultivo e destinação e tratamento da água proveniente da despesca no cultivo em viveiro.

O primeiro eixo temático teve como objetivo identificar questões relacionadas aos usos e qualidade da água e poluição ambiental. Nesse eixo havia perguntas sobre os possíveis usos da água do açude, sobre a produção de lixo, esgoto, ou outros poluentes gerados pelos participantes, possíveis agentes poluidores da água e o que os participantes consideravam poluição. Já no eixo temático três havia perguntas relacionadas aos temas eutrofização, cianobactérias, cianotoxinas e saúde. Esse eixo foi elaborado com perguntas ligadas diretamente ao tema principal da pesquisa e buscavam averiguar o conhecimento dos entrevistados sobre os termos eutrofização, cianobactérias e cianotoxinas. Além disso, havia uma pergunta relacionada à saúde, que buscava averiguar se os entrevistados achavam que as cianotoxinas poderiam afetar sua saúde e duas sobre as cianotoxinas no pescado: se os entrevistados já tinha ouvido falar do acúmulo de cianotoxinas nos peixes e se eles acreditavam que elas poderiam estar dentro dos mesmos.

O último eixo abrangia perguntas sobre o meio ambiente, no intuito de averiguar a relação dos entrevistados, a consciência e a percepção em relação a ele. Havia perguntas sobre o que os entrevistados achavam do seu trabalho e do açude, perguntas a respeito do que eles pensavam que fazia parte do meio ambiente e sobre a sustentabilidade das atividades de aquicultura ou pesca. Nesse mesmo eixo, ainda havia perguntas sobre a possibilidade da água, na condição eutrofizada, causar algum dano à saúde, ao meio ambiente ou aos peixes. E para finalizar o eixo e a entrevista havia a pergunta sobre a possibilidade dos entrevistados poderem fazer algo para ajudar a água a ficar menos eutrofizada.

Dentro de cada eixo temático, nas perguntas fechadas, foram elaboradas pré-categorias de respostas, baseadas no conhecimento prévio da região. As perguntas semiabertas seguiram

o mesmo critério, porém, permitiam a opção de complementar a resposta. Nas questões abertas, foi aplicada a “Análise de Conteúdo” (BARDIN, 2010), na qual há uma análise qualitativa e a criação de um conjunto de categorias, para cada pergunta, baseado nas análises das respostas. Essas categorias organizam as respostas em temas que podem ser agrupados de acordo com o conteúdo e em palavras-chaves mais frequentes. Em seguida, ocorreu uma análise quantitativa e as respostas foram contabilizadas através da presença ou não das categorias pós-estabelecidas. Após a contagem das respostas, elas foram organizadas e apresentadas de forma percentual dentro de cada eixo temático.

Com essas questões pretendeu-se compreender se os entrevistados sabem para quais fins o açude de sua cidade é utilizado; se eles enxergam os problemas ambientais que atingem o açude e a saúde pública; se reconhecem quais as principais fontes de poluição que podem atingir a água; se eles conseguem ver que podem contribuir para diminuir os problemas ambientais, entre outras informações.

O diagnóstico de percepção ambiental poderá ser usado para subsidiar as ações de divulgação científica que podem ser realizadas no entorno dos locais onde foram realizadas as entrevistas, a fim de divulgar e esclarecer os temas mais urgentes para a sensibilização da preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AN, J. S.; AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; EAGLESHAM, G. K.; JOCHIMSEN, E. M.; LAU, S. Human Fatalities from Cyanobacteria: Chemical and Biological Evidence for Cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, p. 663-668, 2001.

ARAÚJO, M.F.F.; DANTAS, C.M.; AMORIM, A.S.; SILVEIRA, M.L.; MEDEIROS, M.L.Q.. Concepções prévias de professores do ensino básico de uma região semiárida sobre qualidade de água. **Educação Ambiental em Ação**, n. 38, 2011.

AZEVEDO S. M. F. O. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Consequências para a Saúde Pública. **Medicina On line**, Ano I, v. 1, n. 3, 1998.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. **Toxicology**, v.181-182, p.441-446, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70. 5 ed., 2010.

BERLINCK, C. N ; MONTEIRO, A. H. R. R. SAITO, C.H.; CALDAS, A. L. R.. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos. **Ambiente e Educação, Rio Grande**, v.8, p.117-129, 2003.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. A.; SANTOS, A. C. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: Rima Editora, 118 p., 2006.

CARMICHAEL, W. W. Cyanobacteria secondary metabolites - The cyanotoxins. **J. Appl. Bact.** v. 72, p. 445-459, 1992.

CARMICHAEL, W. W. An overview of cyanobacterial research in the United States. In **Proc. of Toxic Cyanobacteria – A Global Perspective**, Adelaide, South Australia Centre for Water Quality Research, 1994a.

CHEN, J.; XIE, P. Tissue distributions and seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins-LR and -RR in two freshwater shrimps, *Palaemon modestus* and *Macrobrachium nipponensis*, from a large shallow, eutrophic lake of the subtropical China. **Toxicon**, v. 45, n. 5, p. 615-625, 2005.

_____. Microcystin accumulation in freshwater bivalves from Lake Taihu, China, and the potential risk to human consumption. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1066-1073, 2007.

COLE, G. 1975. Textbook of Limnology. Saint Louis: The C.V. Mosby, 283p.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. (eds). **Toxic Cyanobacteria in water: A guide to the Public Health Consequences, Monitoring and Management.** E & FN Spon. London, p.416, 1999.

Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu. Disponível em:

<<http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>> Acesso em: 14 abr. 2013.

COSTA, I. A. S.; CHELLAPPA, N. T.; AZEVEDO, M. F. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M. The occurrence of toxic-producing cyanobacterial blooms in a semi-arid reservoir in the northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology** ^{JCR}, v. 66, n. 1b, p. 29-41, 2006.

COSTA, I.A.S.; SANTOS, A.P.; SILVA, A.A.L.; MELO, S.G.; PANOSSO, R.F. e ARAÚJO, M.F.F. Floração de Algas Nocivas: ameaça às águas Potiguanas. **Revista Fundação de Apoio a Pesquisa do Rio Grande do Norte**, v.1, n.4, p. 14-16, 2006a.

COSTA, I. A. S.; SOUZA, S. R.; PANOSSO, R. F.; ARAUJO, M. F. F.; MELO, J.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANTANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em açudes eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis (Impresso)** ^{JCR}, v. 13, p. 382-401, 2009.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em:

<http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_reservatorio.php?codigo_reservatorio=18&descricao_reservatorio=Barragem+Armando+Ribeiro+Gon%E7alves> Acesso em: 14 abr. 2013.

DITTMANN, E., WIEGAND, C. Cyanobacterial toxins – occurrence, biosynthesis and impact on human affairs. **Mol. Nutr. Food Res.** V.50, p. 7–17, 2006.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; PANOSSO, R.F.; ATTAYDE, J.L.; COSTA, I.A.S.; SANTOS, C.M.; ARAÚJO, M.F.F. Águas potiguanas: oásis ameaçados. **Ciência Hoje**. v. 39, n. 233, 2006.

FAGGIONATO, S. Percepção ambiental. [on-line] 2005; [citado 26 out 2006]. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html>. Acesso em: 9 jul. 2013.

FUNARI, E; TESTAI, E. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. **Critical Reviews in Toxicology** v. 38(2), p. 97-125, 2008.

GALVÃO, J. A.; KUJBIDA, P.; HILLER, S.; LUCKAS, B.; PINTO, E. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. **Toxicon**, v. 54, p. 891-894, 2009.

HUMPAGE, A. Toxin types, toxicokinetics and toxicodynamics. In: *Advances in Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs.* **Experimental Medicine and Biology**, n. 1, v. 619, p., 383-415, 2008.

HUMPAGE, A. R., FALCONER, I. R. Microcystin-LR and liver tumor promotion: effects on cytokinesis, ploidy, and apoptosis in cultured hepatocytes. **Environmental Toxicology**, v. 14, p. 61–75, 1999.

IBELINGS B. W.; CHORUS I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater “seafood” and its consequences for public health: A review. **Environmental pollution**, v. 150, p.177-192, 2007.

JOCHIMSEN, E. M.; CARMICHAEL, W. W.; AN, J.; CARDO, D. M.; COOKSON, S. T.; HOLMES, C. M. D.; ANTUNES, M. B. D.; MELO, D. A.; LYRA, T. M.; BARRETO, V. S. T.; AZEVEDO, S. M. F. O.; JARVIS, W. R. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialyses center in Brazil. **New England Journal of Medicine**, v. 338, p. 873-878, 1998.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4–Nostocales. – Arch. Hydrobiol. Suppl. 82/**Algological Studies**, v. 56, p. 247–345, 1989.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. In: ettl, h.; GärDner, G.; heyinG, h. & mollenhauer, D (eds): **Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer, Jena–Stuttgart–Lübeck–Ulm**, v. 19/1, 548 p., 1998.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokariota, 2: Oscillatoriales. Pp.1-758. In: B. Büdel; L. Krienitz; G. Gärtner & M. Schagerl, (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. **Elsevir gmbh, münchen**, v. 19 (2), 758p., 2005.

KÓS, P., GORZÓ, G., SURÁNYI, G., BORBÉLY, G. Simple and efficient method for isolation and measurement of cyanobacterial hepatotoxins by plant tests (*Sinapis alba*L.). **Anal. Biochem.** v., 225, p. 49–53, 1995.

LAGOS, N.; ONODERA, H.; ZAGATTO, P. A.; ANDRINOLO, D.; AZEVEDO, S. M. F. Q.; OSHIMA, Y. The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindropermopsis raciborskii* isolated from Brazil. **Toxicon**, v. 37, p. 1359-1373, 1999.

MEDEIROS, M.L.Q & ARAÚJO, M.F.F. Protozoários, qualidade de água dos açudes e doenças de veiculação hídrica na percepção de professores e alunos de escolas públicas do ensino básico **Educação Ambiental em Ação**, n.45, 2013.

MONSERRAT, J. M.; YUNES, J. S.; BIANCHINI, A. Effects of *Anabaena spiroides* (cyanobacteria) aqueous extracts on the acetylcholinesterase activity of aquatic species. **Environmental Toxicology & Chemistry**, v. 20, p. 1288-1235, 2001.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; CUNHA, S. R. S.; ATTAYDE, J. L.; GOMES, F. C. F. “Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)”. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n.3, p. 433-449, 2007.

PAPADIMITRIOU, T., KAGALOU, I., STALIKAS, C., PILIDIS, G., LEONARDOS, I.D. Assessment of microcystin distribution and biomagnification in tissues of aquatic food web compartments from a shallow lake and evaluation of potential risks to public health. **Ecotoxicology**, v. 21, p. 1155–1166, 2012.

PETROVICH, A. C.; ARAÚJO, M.F.F. Percepção de professores e alunos sobre os usos e a qualidade da água em uma região semi-árida brasileira. **Educação Ambiental em Ação**, n. 29, 2009.

RODRIGUES, M. L.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T. D. A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais. **Saúde Soc.** São Paulo, v.21, supl.3, p.96-110, 2012.

SAITO, C. H.. As mútuas interfaces entre projetos e ações de educação ambiental e de gestão de recursos hídricos: subsídios para políticas de estado. **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 14, n. 1, 2011.

SANTOS, M. N. R.; Koneski, A. L. S.; SOUZA, F. H.; AMARAL, V. S. Diagnóstico da Percepção Ambiental de Moradores da Região de Agronegócio no Semiárido do RN-Brasil: Impactos dos Agrotóxicos ao Meio Ambiente. **Educação Ambiental em Ação**, n.43, 2013.

SELLTIZ, C. et alii. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. Tradução de Maria Martha Hubner de Oliveira. 2ª edição. São Paulo: EPU, 1987.

SIVONEN K.; JONES G. Cyanobacterial Toxins. In: CHORUS I., BARTRAM, J. (eds). Toxic Cyanobacteria In: **Water. A Guide To Their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. Londres. E. & F.N. Spon: p. 42-111. 1999.

UHELINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch Science**, v. 17, p.121-23, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitteilungen. **Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VILLAR,L.M; ALMEIDA, A.J.; LIMA, M.C.A; ALMEIDA, J.L.V.; SOUZA, L.F.B.; PAULA, V.S. A percepção ambiental entre os habitantes da região noroeste do estado do rio de janeiro. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v.12 (3), p. 537-43, 2008.

YUNES, J. S.; CUNHA, N. T.; BARROS, L. P.; PROENÇA, L. A. O.; MONSERRAT, J. M. Cyanobacterial Neurotoxins from Southern Brazil. **Comments on Toxicology**, v. 9, p. 103-115, 2003.

**CAPÍTULO I – DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE MICROCISTINAS E
SAXITOXINAS EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO POR MÉTODO
ELISA**

Artigo submetido à revista Acta Limnologica Brasiliensia
http://www.ablimno.org.br/arquivos/acta_author_instructions.pdf

Ocorrência de cianobactérias e detecção de microcistinas e saxitoxinas por
ELISA em reservatórios do semiárido do RN - Brasil

Cyanobacterial occurrence and detection of microcystins and saxitoxins by
ELISA in reservoir of Brazilian semi-arid, RN, Brazil

Jessica Roberts Fonseca¹, Paula Kujbida² e Ivaneide Alves Soares da Costa³

1. Bióloga e Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade federal do rio Grande do Norte. Endereço: BR 101. UFRN/Centro de Biociências, Dpto. Microbiologia e Parasitologia, Lab.de Microbiologia Aquática(LAMAq). Campus Universitario, Lagoa Nova. CEP: 59072-970. Telefone: (084) 8877-9055. Email: jrf1986@gmail.com

2. Department of Clinical and Toxicological Analysis, Health Sciences Center, Federal University of Rio Grande do Norte, Rua General Gustavo Cordeiro de Farias s/n, 59012570, Natal, RN, Brazil. Telefone: +55 84 33429826. E-mail: paulask@ufrnet.br

3. Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Professora adjunta do Departamento de Microbiologia e Parasitologia na Universidade federal do rio Grande do Norte. Endereço: BR 101. UFRN/Centro de Biociencias, Dpto. Microbiologia e Parasitologia, Lab.de Microbiologia Aquática(LAMAq). Campus Universitario, Lagoa Nova. CEP: 59072-970. Telefone: (084) 99269848. Email: iasoares@cb.ufrn.br

Resumo: Objetivo: A proliferação acelerada de cianobactérias em mananciais e reservatórios tem causado sérios danos ecológicos e à saúde pública, e é um problema que desafia as instituições responsáveis pelo fornecimento de água para a população. Nesse trabalho foi realizado monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios de água do semiárido do Rio Grande do Norte (Brasil). **Métodos:** O estudo foi realizado entre os anos 2009 e 2011 em quatro açudes com seis pontos amostrais: Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) em Itajá, São Rafael (SR) e Jucurutu; Passagem das Traíras (PT); Itans e Gargalheiras (GARG). As cianobactérias presentes foram quantificadas e identificadas e a presença de microcistinas (MCs) e saxitoxinas (STXs) foi investigada por ELISA. **Principais resultados:** As densidades de cianobactérias revelaram-se acima do permitido em 76% dos casos. Já os resultados de ELISA mostraram que das 128 amostras analisadas, 27% estavam acima do máximo permitido pela Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011. Foi encontrado um padrão sazonal para a presença de MCs (0,00227 a 24,1954 $\mu\text{g.L}^{-1}$), com os maiores valores no período chuvoso. Não foi encontrado um padrão sazonal para STXs (0,003 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 0,766 $\mu\text{g.L}^{-1}$). **Conclusões:** Esse trabalho mostrou a importância de se estabelecer a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade já que a concentração de MCs em algumas amostras estava acima do limite máximo admissível pela legislação brasileira, representando assim um risco à saúde pública já que o tratamento convencional da água não é capaz de eliminar essas potentes hepatotoxinas.

Palavras-chave: microcistina; saxitoxina; ELISA; semiárido e açudes

Abstract: Objective: The rapid spread of cyanobacteria in water sources and reservoirs has caused serious environmental damage and public health problems, and consists in a problem that challenges the institutions responsible for providing water to the population . In this work cyanobacteria and cyanotoxins in reservoirs water in the semi-arid region of Rio Grande do Norte (Brazil) were monitored. **Methods:** The study was conducted between 2009 and 2011 in four dams with six sites: Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) in Itajá , São Rafael (SR) and Jucurutu; Passagem das Traíras (PT) ; Itans and Gargalheiras (GARG). Present cyanobacteria were quantified and identified and the presence of microcystins (MCs) and saxitoxins (STXS) was investigated by ELISA. **Main results:** The densities of cyanobacteria were found to be above the permitted in 76% of cases. The ELISA results showed that of the 128 samples analyzed, 27% were above the maximum allowed by Brazilian Ministry of Health Ordinance 2914/2011. A seasonal pattern for the presence of MC was found (0.00227 to 24.1954 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), with the highest values in the rainy season. There was no clear seasonal pattern for STXS (0.003 and 0.766 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). **Conclusions:** This study showed the importance of establishing a water quality monitoring for human consumption and its potability standards since the concentration of MCs in some samples was above the maximum limit allowed by Brazilian law, thus posing a risk to public health since the conventional water treatment is not able to eliminate these potent hepatotoxins .

Key words: microcystin, saxitoxin; ELISA; cyanobacteria; semi-arid reservoirs

INTRODUÇÃO

No semiárido do nordeste brasileiro, com o intuito de minimizar os impactos de longos períodos sem precipitação, foram construídos reservatórios chamados de açudes. Além de serem usados para abastecimento de água doméstico, os açudes podem ser utilizados para atividades pesqueiras, aquicultoras e de lazer (Eskinazi-Sant'anna et al., 2007; Costa et al., 2006a). Esses açudes apresentam características como temperaturas elevadas o ano todo e elevada turbidez, que associadas ao constante estado de eutrofização, pelo aporte de nutrientes, tornam esses ambientes naturalmente vulneráveis às florações de cianobactérias (Eskinazi-Sant'anna et al., 2006, Costa et al., 2009, Souza et al., 2008; Vasconcelos et al 2011; Huszar 2000, Silva et al 2011, Bouvy et al, 1999; Molica et al, 2005; Panosso et al, 2007).

A eutrofização é um fenômeno em expansão no mundo (Smith & Schindler, 2009), assim como os consequentes eventos de florações de cianobactérias em muitos países e no Brasil (Chorus e Bartram, 1999, Codd et al., 2005 Carmichael & Falconer,1993, Bouvy, et al . 2000; Molica et al. 2005, Huszar et al, 2000).

Tais florações em reservatórios de água para abastecimento podem trazer sérios problemas à saúde pública e ao meio ambiente (Codd et al., 2005; Bittencout-Oliveira e Molica, 2003, Apeldoorn et al . 2007). Esses eventos alteram o gosto e o odor da água e o equilíbrio ecológico do ecossistema aquático, além da problemática de algumas cianobactérias poderem também produzir toxinas – as cianotoxinas – e assim gerar as denominadas florações tóxicas (Skulberg, 2000; Sinclair et al., 2008), como as microcistinas (MCs) e as saxitoxinas (STXs) que têm potente hepatotoxicidade e neurotoxicidade, respectivamente, além do potencial para promover tumores das MCs (Apeldoorn et al., 2007; Drobac et al., 2013). Como é descrito que algumas toxinas produzidas por cianobactérias não são facilmente removidas por processos convencionais de tratamento de água (Dietrich e Hoeger, 2005), em diversos países há obrigatoriedade de monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas da água para consumo humano, inclusive no Brasil por meio da Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS).

A exposição às cianotoxinas pode ocorrer de forma oral (direta), pela ingestão de água e suplementos alimentares. Outra forma de exposição pode ocorrer indiretamente através do consumo de alimentos, como peixes, crustáceos, moluscos e plantas (Galvão et al., 2009; Papadimitriou et al., 2012; Chen and Xie, 2005, 2007; Dittmann & Wiegand), nos quais as cianotoxinas podem estar bioacumuladas (Gutiérrez-Praena et al., 2013). Além disso, pode ocorrer a contaminação via atividades recreacionais aquáticas, dermal e inalação (Calijuri et al., 2006). A possibilidade de intoxicação pelo uso de água contaminada por meio de hemodiálise também pode ocorrer (Jochimsen et al., 1998; Azevedo et al., 2002).

No estado do Rio Grande do Norte, as florações de cianobactérias são frequentes nos açudes usados para o abastecimento público, mas poucos estudos reportam a presença de STXs e MCs (COSTA et al., 2006, 2009), indicando a necessidade de monitoramento sistemático das concentrações destas cianotoxinas. Assim, a proposta desse estudo foi determinar o potencial de toxicidade das florações de cianobactérias em quatro reservatórios do semiárido potiguar.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado entre os anos 2009 e 2011 em quatro açudes eutróficos (Figura 1) do semiárido do Rio Grande do Norte, abrangendo seis pontos de coletas, sendo três no açude Armando Ribeiro Gonçalves (ARG): Itajá (5°38'1" Sul e 36° 50' 59" Oeste), São Rafael (SR) (5° 47' 27" Sul e 36° 52' 43" Oeste) e Jucurutu (6° 2' 3" Sul e 37° 1' 15" Oeste); e os outros três pontos nos açudes: Passagem das Traíras (PT) (6° 27' 16" Sul e 36° 52' 29" Oeste); Itans (6° 27' 35" Sul e 37° 5' 56" Oeste) e Gargalheiras (GARG) (6° 27' 36" Sul e 36° 38' 28" Oeste). Esses açudes possuem capacidade volumétrica acima de cinco mil metros cúbicos de água, elevado tempo de residência com finalidade de uso para abastecimento humano, pesca, lazer e aquicultura. O semiárido norterio-grandense é caracterizado por elevadas temperaturas, longo período de seca e curto período de chuva concentrada, entre fevereiro e maio, com precipitações médias anuais de 688,8 mm (EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN). A tabela 1 apresenta as principais características destes açudes.

Coleta de amostras

Foram realizadas coletas de água mensais em cada ponto amostral. As amostras de água foram coletadas ao longo da coluna d'água abrangendo seis profundidades, três na zona afótica e três na zona fótica. Para obter uma única amostra de cada extrato, as amostras foram integradas. Com o auxílio de uma garrafa de Van Dorn, alíquotas da amostra integrada de água foram coletadas para análise de microcistinas e saxitoxinas e contagem do fitoplâncton (200 mL). Essa última foi fixada com lugol acético a 1%. As amostras de água para análise de microcistinas e saxitoxinas foram congeladas até o processamento das análises.

Amostras de água (200 mL), posteriormente fixadas com formol a 4%, foram obtidas com rede de plâncton (20 µm) em arrastos verticais para identificação do fitoplâncton, usando material vivo.

Em cada ponto de coleta foram medidos parâmetros de condutividade, turbidez, temperatura, pH e oxigênio dissolvido através de uma sonda multiparamétrica. Para estimar a transparência da água, utilizou-se a profundidade de extinção obtida com o disco de Secchi. A zona eufótica foi obtida através do cálculo de 2,7 vezes a transparência da água estimada com o Secchi (Cole, 1975).

Identificação e contagem de cianobactérias

A identificação das populações de cianobactérias e demais grupos do fitoplâncton foi realizada por meio de microscopia óptica, sempre que possível em nível de espécies, por meio da análise de características morfológicas e morfométricas das fases reprodutivas e vegetativas. O Sistema de classificação adotado foi Komárek e Anagnostidis (1998) para o gênero *Chroococcales*, Komárek e Anagnostidis (2005) para as *Oscillatoriales* e Komárek e Anagnostidis (1989) para as *Nostocales* e obras especializadas para os outros grupos do fitoplâncton. A densidade das populações foi estimada (cel.mL^{-1}) pelo método de Utermöhl (1958) usando um microscópio invertido e a contagem foi feita em campos aleatórios (Uhelinger 1964), até alcançar 100 indivíduos da espécie mais freqüente, sendo o erro inferior a 20%, a um intervalo de confiança de 95% (Lund et al., 1958). Em caso de floração foram contabilizados 400 indivíduos da espécie dominante, conferindo um erro de 10% (Chorus e Bartram, 1999).

Análise de microcistinas e saxitoxinas

As amostras de água foram congeladas e descongeladas três vezes, foram filtradas com filtros de fibra de vidro (Whatman GF / C) e em seguida foram sonicadas para que houvesse a lise das células, garantindo que a quantidade total de cianotoxinas fosse analisada: as que estavam na água e as que estavam dentro das células antes da lise. Depois desse processo, as amostras foram analisadas através da técnica de Ensaio do Imunoadsorvente Ligado à Enzima (ELISA) utilizando kits (tipo placa) comerciais ELISA, marca Beacon, de acordo com as instruções do fabricante.

RESULTADOS

Variáveis abióticas

Os açudes investigados apresentaram baixa transparência variando entre 0,2 m e 3,5 m; temperaturas elevadas entre 25,2°C e 33,5°C e pH geralmente entre neutro e alcalino variando entre 6,5 e 10 (Tabela 2). A precipitação (Figura 2) e o volume dos reservatórios (Tabela 2 e Figura 3) variou ao longo dos três anos. A média de precipitação nos anos do estudo foi: 147,4 mm em 2009; 49,8 mm em 2010 e em 187,7 mm em 2011. As precipitações mínimas ocorreram em 2010, com valor mínimo de 16,1 mm. O volume dos açudes variou entre 42% e 100% da capacidade total do reservatório, registrando-se menores volumes em 2010.

Detecção Microcistinas e Saxitoxinas

Microcistinas e saxitoxinas foram detectadas em todas as amostras dos quatro açudes estudados (Figuras 4 e 5), sendo a microcistina frequentemente encontrada em concentrações acima do permitido para o consumo humano, de acordo com a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) que regulamenta o padrão de potabilidade da água. O ano de 2010 apresentou os maiores valores de microcistinas, com exceção para o valor máximo de 24,1954 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em Garagalheiras em 2009, seguido pelos anos de 2009 e 2011. O valor mínimo foi encontrado em Itans (março de 2010) correspondendo a 0,00227 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Em relação às concentrações de saxitoxinas, o ano que apresentou os maiores valores foi o de 2010, seguido pelos anos de 2009 e 2011. O valor máximo encontrado foi de 0,766 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em São Rafael em agosto de 2010 e o mínimo de 0,003 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em Jucurutu em agosto de 2009.

Composição e densidade de cianobactérias

Todas as amostras foram analisadas no microscópio e revelaram a presença de cianobactérias. Foram identificadas 21 cianobactérias, sendo 11 potencialmente produtoras de cianotoxinas (Chorus e Bartram, 1999). A média da densidade relativa de cianobactérias para o fitoplâncton total foi acima de 89% em todas as amostras.

Em relação à densidade de cianobactérias (Figura 6), o ano que apresentou os maiores valores de cada ambiente foi o de 2009, com exceção para o maior valor encontrado em PT que correspondeu a $23,5 \times 10^5 \text{ cel.ml}^{-1}$ em dezembro de 2010. O valor mínimo foi de 424 cel.ml^{-1} em Itans no ano de 2011. A média de densidade para os três anos para os pontos amostrais foi de $4,16 \times 10^5 \text{ cel.ml}^{-1}$.

Em todos os anos, ocorreram espécies dominantes produtoras de microcistinas (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* e *Planktothrix agardhii*) e/ou saxitoxinas (*Cilindrospermopsis raciborskii*, *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon gracili* e *Anabaena circinalis*). Dentre essas, as mais frequentes em todos os pontos amostrais durante os três anos de estudo foram *Planktothrix agardhii*, *Microcystis* spp (*M. aeruginosa*, *M. panniformis*) e *Cilindrospermopsis raciborskii*.

Dentre as espécies de cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, as espécies mais abundantes (~ 40%) entre 2009 e 2011 (Figura 7 e 8) foram: *Planktothrix agardhii* e *Cilindrospermopsis raciborskii*, exceto em Itajá e São Rafael. Associação entre *Planktothrix agardhii*, *Cilindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis* spp foi observada nos reservatórios. *Aphanizomenon gracile* e *Anabaena circinalis* foram representativas em Itans e Jucurutu. Associação entre *Microcystis* spp e *Anabaena circinalis* foi característica do reservatório de Gargalheiras.

DISCUSSÃO

A crescente eutrofização e dominância de cianobactérias no semiárido brasileiro é relatada em reservatórios de abastecimento público em Pernambuco (Bouvy et al., 1999; Huszar, 2000) Paraíba (Ceballos, 2011) e também no Rio Grande do Norte (Costa et al., 2006; Costa et al., 2009; Eskinazi-Santana 2006, Panosso et al., 2009; Silva et al., 2011, Souza et al., 2008). Açudes do semiárido potiguar apresentam médias anuais de fósforo total ($112,5 (\pm 30,9)$) e de clorofila *a* ($63,6 (\pm 24,9)$) (Attayde e Panosso, 2011; Costa et al., 2009) bem superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que estabelece $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ para ambientes lênticos de Classe II, assim como aos valores indicados para a condição eutrófica de região semiárida, que é caracterizada através das médias de fósforo total superiores a $50\text{-}60 \mu\text{g.L}^{-1}$ e clorofila *a* superiores a $12\text{-}15 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Thornton e Rast, 1993).

Essa condição permanente de eutrofização com consequentes eventos de intensas florações de cianobactérias potencialmente tóxicas é associada aos usos múltiplos da bacia hidrográfica, baixa transparência da água, águas mornas, longo tempo de exposição solar diária, longo tempo de residência e alta disponibilidade de fósforo e nitrogênio (Costa et al., 2006; Costa et al., 2009; Vasconcellos et al., 2011; Souza et al., 2008; Attayde e Panosso, 2011; Silva et al., 2011).

Neste estudo, entre os anos de 2009 e 2011, evidenciamos a continuidade da permanente dominância e abundância de cianobactérias potencialmente tóxicas, caracterizando eventos de florações tóxicas, confirmadas pela presença de microcistinas e saxitoxinas, nos seis pontos investidos dos quatro reservatórios. A presença de

MCYs com concentrações acima $1\mu\text{g. L}^{-1}$ - limite permitido para consumo humano de acordo com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) - foi detectada em 27 % das amostras. Por outro lado, o nível de saxitoxinas (encontrada em todas as amostras) nos quatro açudes investigados, apresentou-se abaixo do limite ($3\mu\text{g. L}^{-1}$) permitido pela Portaria já citada, conforme também foi relatado em outro estudo no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (Costa et al., 2006).

A detecção de microcistinas tem sido relatada no Brasil em diversas regiões e fontes de água de abastecimento humano. A presença de microcistinas na região nordeste já foi reportada por Piccin-Santos et al., 2012 (por ELISA ou HPLC com níveis entre $0,16$ e $8,8\mu\text{g.L}^{-1}$); Costa et al., 2006 (por HPLC com níveis entre $0,16\mu\text{g.L}^{-1}$ e $8,8\mu\text{g.L}^{-1}$); Chelappa et al., 2008 (HPLC com níveis entre $0,07$ e $8,73\mu\text{g.L}^{-1}$). Na região norte já foi reportadas por Vieira et al., 2005 (por HPLC com níveis entre $2,47\mu\text{g.mg}^{-1}$ e $4,22\mu\text{g.mg}^{-1}$ e por ELISA: $1,25\mu\text{g.L}^{-1}$) e por Sá et al., 2010 (por HPLC com níveis entre $0,23$ e $0,55\text{mg.L}^{-1}$). Na região Centro-oeste a ocorrência de microcistinas foi relatada por Oliveira et al., 2013 (por HPLC não quantificado). Na região sudeste, elas foram relatadas por Ferrão-Filho et al., 2009 (por HPLC entre $1,2$ e $4,5\mu\text{g L}^{-1}$); Sotero-Santos et al., 2008 (por ELISA entre 28 e $45\mu\text{g.L}^{-1}$) e Hilborn et al., 2013. Na região sul, microcistinas já foram detectadas por HPLC com níveis entre $0,161$ e $1,145\mu\text{g.mg}^{-1}$ (Matthiensen et al., 1999).

A presença de saxitoxinas foi relatada no Brasil, em fontes de abastecimento humano, na região nordeste (Costa et al, 2006 ; Molica et al., 2005), sudeste (Ferrão-Filho et al., 2009) e na região sul (Yunes et al., 2003).

A ocorrência de microcistinas também tem sido reportada em diversos países. Como em reservatórios da Espanha apresentando níveis entre $0,055$ e $1,032\mu\text{g.g}^{-1}$ (Asencio, 2013); no Rio de La Plata no Uruguai, com nível de $65\mu\text{g.L}^{-1}$ (Pírez et al., 2013); No Rio Nilo, Egito, foram relatadas com níveis entre $1,6$ e $4,1\text{mg.g}^{-1}$ em águas para abastecimento público (Mohamed et al., 2006). No rio Murray - Austrália - também foi reportada, com níveis entre $0,028$ e $0,036\mu\text{g L}$ em reservatórios de uso público (Bowling et al., 2013). Microcistinas e saxitoxinas também são relatadas em reservatórios e Lagos na Grécia ($3,9$ a $108\mu\text{g. L}^{-1}$ de MCs e $0,4$ a $1,2\mu\text{g.L}^{-1}$ de STXs) (Spyros e Nikos, 2013).

A contaminação da água por microcistinas e saxitoxinas comumente compromete fontes de abastecimento humano, reforçando a necessidade de monitoramento da qualidade da água. No entanto, observa-se ainda a falta de padronização de um método de detecção nos programas de monitoramento, e também na pesquisa, dificultando uma análise comparativa mais robusta dos resultados. Em relação ao monitoramento da qualidade da água, dentre os diferentes métodos utilizados, o método de quantificação de cianotoxinas por

ELISA parece ser mais vantajoso para se realizar um monitoramento constante, já que é considerado simples e barato, sendo capaz de detectar algumas variantes - das 80 que existem - de microcistinas, incluindo a principal, que é a mais tóxica (MC-LR) (Pérez et al., 2013), e algumas variantes - das 27 que existem - de saxitoxinas (Ho et al., 2011). Dessa forma, esse método é considerado satisfatório para cumprir as exigências da portaria do Ministério da Saúde 2914/2011.

Durante os três anos deste estudo, as médias dos valores de microcistinas foram maiores nos períodos chuvosos do que no período seco. De ambos os períodos, analisando a maior média para cada um dos seis pontos amostrais, os quatro maiores valores encontrados ocorreram no período chuvoso de 2010 (Itajá, SR, Jucurutu e PT), os outros dois ocorreram no período chuvoso em 2009 correspondendo a Itans e GARG. As maiores concentrações de microcistinas ocorreram no período chuvoso (fevereiro a maio) de 2010, que foi o período que apresentou as menores precipitações dos três anos, e conseqüentemente, de menor volume de água dos açudes. Tal fato implica que a condição de longa estiagem e baixa precipitação ocorrida no período esperado (fevereiro a maio) não foi suficiente para provocar mudanças expressivas nas condições físico químicas da água do reservatório, característico do período chuvoso, permanecendo as condições típicas de períodos de estiagem (seca) na maior parte do ano. Isso demonstra uma limitação para análises comparativas em escalas temporais e sazonais de estiagem e chuva, melhor indicadas para a região semiárida. No entanto, os períodos de seca em açudes do semiárido potiguar, geralmente promovem condições favoráveis para o desenvolvimento de florações tóxicas compostas especialmente por espécies filamentosas heterocitadas e não heterocitadas como as espécies de *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Plankthotrix agardhii*. Vasconcellos et al., 2011, reportaram a presença de microcistinas acima de $1 \mu\text{g. L}^{-1}$ em 55% dos reservatórios da Paraíba no período de seca, e 20% no período de chuvas, sendo 15% deles com concentrações abaixo de $1 \mu\text{g. L}^{-1}$. Nos períodos de ocorrência de chuvas capazes de promover mudanças na estabilidade da água, em seis açudes do Rio grande do Norte, foi observada a alternância de filamentosas para a dominância de *Microcystis* spp, assim como no período de transição entre chuvoso e seco (Costa et al., 2009).

Níveis de microcistinas, pelo método ELISA, também foram encontrados acima de $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ por Spyros e Nikos (2013) (entre 3,9 e $108 \mu\text{g.L}^{-1}$), por Pérez et al. (2013) ($65 \mu\text{g.L}^{-1}$) e por Sotero-Santos et al., 2008 (entre 28 e $45 \mu\text{g.L}^{-1}$) e em todas as amostras analisadas juntamente com a co-ocorrência de microcistinas e saxitoxinas por Spyros e Nikos, 2013 e Costa et al., 2006.

Em relação aos baixos níveis (abaixo de $3\mu\text{g.l}^{-1}$) de saxitoxinas, outros estudos também revelaram baixas quantidades detectadas pelo método de ELISA, entre 0.028 e $0.036 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Bowling et al., 2013) e entre

0.4 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 1.2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Spyros e Nikos, 2013). Não foi observado um padrão de saxitoxinas de acordo com os períodos chuvoso e seco. Nos três anos, as maiores médias de cada ambiente ocorreram em Itajá e SR durante o período seco de 2010; em Jucurutu e GARG durante o período chuvoso de 2010; em PT durante o período seco de 2009 e em Itans durante os períodos secos de 2009 e 2010.

Os padrões de potabilidade da água, de acordo com a portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 e CONAMA 357/05 (águas Classe II), estabelecem os valores máximos para água bruta de densidade de cianobactérias: 50 mil cel.ml^{-1} ; microcistina: 1 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e saxitoxina: 3 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Do total de 128 amostras de microcistinas, 27% estavam acima do valor permitido, desse valor, 82% foram encontrados no período chuvoso; nenhum dos valores de saxitoxinas estava acima do permitido. Em relação a densidade de cianobactérias, 76% dos valores estavam acima do permitido. Ao analisar a média dos três anos para cada ambiente, pode-se perceber que apenas Jucurutu apresentou a média dentro do valor permitido com $0,34 \times 10^5$. Essa menor densidade de cianobactérias, neste ponto, pode ser explicada pela característica lótica do ambiente, que é diferenciada dos outros pontos amostrais, que são lênticos. O baixo tempo de residência favorece a dispersão e desfavorece a permanência de florações de cianobactérias.

A elevada contribuição de cianobactérias para densidade de fitoplâncton total (> 89%) também foi encontrada por Ferrão-Filho et al. (2009); Dantas et al. (2011); Costa et. al, (2006, 2009) e Chellapa et al. (2008). A complexidade do aparecimento e estabelecimento dessas florações de cianobactérias ainda não é totalmente esclarecida. Esse fenômeno é influenciado por vários fatores e uma das condições que favorece as florações são as altas temperaturas, como já foi reportado em vários locais, dentre eles Brasil (Ferrão-Filho et al., 2009), Uruguai (Pérez et al., 2013), Grécia (Spyros e Nikos, 2013), Itália (Messineo et al., 2009) e Egito (Mohamed e Carmichael, 2000).

Níveis tão elevados da densidade de cianobactérias indicam a continuidade do estado eutrófico e representa um parâmetro importante para avaliação da qualidade de água para abastecimento humano. Altos valores de densidade de cianobactérias também foram encontrados por Messineo et al. (2009), variando entre 10^6 cel.ml^{-1} e 200×10^9 cel.ml^{-1} , e em outros estudos no semiárido brasileiro por Molica et al. (2002, 2005); Bouvy et al. (1999, 2003) e Vasconcellos et al. (2011).

Não foi observado um padrão definido de distribuição e da densidade das espécies de acordo com os períodos chuvoso e seco. Nos três anos, as maiores médias de cada ambiente ocorreram em Itajá no período chuvoso de 2011; em SR no período seco de 2009; em Jucurutu e GARG no período chuvoso de 2009; em PT no período seco de 2010 e em Itans no período seco de 2009. Os valores máximos de densidade não

corresponderam aos valores máximos encontrados de cianotoxinas. Outros estudos também não encontraram relação entre a densidade de cianobactérias e a quantidade detectada de cianotoxinas (Messineo et al., 2009; Pirez et al., 2013) e também não encontraram uma relação linear entre densidade celular e microcistinas, demonstrando que apenas 30% da variação dos níveis de microcistina puderam ser explicados pela densidade de cianobactérias. Além disso, demonstraram que apenas 18% dos níveis de microcistina foram explicados pela clorofila. Mohamed e Carmichael (2000) não encontraram correlação entre o conteúdo de clorofila *a* e a concentração de microcistinas. Isso pode ocorrer devido ao fato de que as microcistinas são quimicamente estáveis tendendo a permanecer por longos períodos no ambiente (Chorus e Bartram, 1999). Além disso, os altos níveis de microcistinas são mais comuns durante ou após uma grande quantidade de lise celular (Pirez et al., 2013; Messineo et al., 2009). Outro estudo revelou que as maiores concentrações de microcistinas foram encontradas quando houve a dominância da floração por *M. aeruginosa* (potencialmente produtora de microcistina), mesmo numa densidade baixa de cianobactérias (Spyros e Nikos, 2013). Tal fato também pode ocorrer devido a possibilidade de que numa mesma população exista a presença de cepas produtoras, não produtoras e potencialmente produtoras: que possuem o gene capaz de sintetizar, mas, não produzem cianotoxinas (Bittencourt-Oliveira et al., 2010; Bittencourt-Oliveira, 2003; Spyros e Nikos, 2013)

Não foi encontrado um padrão sazonal de ocorrência de espécies dominantes o período estudado (Tabela 4). Florações com dominância de *Microcystis* spp, *Anabaena* (Pírez et al., 2013), *Cylindrospermopsis raciborskii* (Ferrão-Filho, 2009) e *Planktothrix* spp (Molica et. al., 2005) também foram encontradas em outros ambientes. Florações de uma espécie dominante continuam sendo reportadas pela primeira vez, como foi o caso da primeira floração de *Cylindrospermopsis raciborskii* encontrada em um reservatório na Grécia (Spyros e Nikos, 2013).

Os níveis de microcistinas e densidade de células de cianobactérias potencialmente tóxicas acima do permitido, na água para consumo humano, encontrados nesse e em outros estudos representam um potencial risco à saúde da população humana já que o tratamento convencional da água não é capaz de retirar as cianotoxinas. É preocupante o fato de muitos locais do semiárido norterio-grandense não realizarem um tratamento de água adequado, que é o tipo convencional. Em muitos locais a água é tratada de forma simplificada, ou não é tratada, aumentando o risco de intoxicação pela ingestão direta de água contaminada, mesmo que em pequenas doses por longos períodos. Além do risco de contaminação pelo consumo direto da água, ainda existe a possibilidade de contaminação pela ingestão do pescado, tendo em vista que microcistinas podem estar acumuladas em músculo de peixe (Magalhães et al., 2001). Como os maiores valores de

densidade de cianobactérias e cianotoxinas não são correspondentes é necessário e emergencial que o monitoramento dos açudes do semiárido potiguar contemple a contagem de cianobactérias e a quantificação de cianotoxinas de forma sistemática.

REFERÊNCIAS

APELDOORN, ME., EGMOND, HP., SPEIJERS, GJA. AND BAKKER GJI. 2007, Toxins of cyanobacteria. *Molecular Nutrition and Food Research*, vol. 51, p. 7-60.

ASENCIO, A. 2013, Determination of microcystins in reservoirs of different basins in a semi-arid area. *J Appl Phycol*, vol. 25, no. 6, p. 1753-1762.

ATTAYDE, JL. AND PANOSSO, R.. 2011, Capacidade de suporte de oito açudes do Rio Grande do Norte para a piscicultura intensiva em tanques-rede. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, p. 1-18.

AZEVEDO, SMFO., CARMICHAEL, WW., JOCHIMSEN, EM., RINEHART, K.L., LAU, S., SHAW, GR.. AND EAGLESHAM, GK. 2002, Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology*, vol.181-182, p.441-446.

BITTENCOUT-OLIVEIRA, MC. AND MOLICA, R. 2003, Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil. *Biotechnologia Ciência e Desenvolvimento*, no. 30, p. 82-90.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, MD., SANTOS AND MOURA, N. 2010, Toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using a molecular method: *Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, p. 1005-1010.

BOUVY M., MOLICA R., OLIVEIRA SD., MARINHO M. AND BECKER B. 1999, Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom *Cylindrospermopsis raciborskii* in a shallow reservoir in the semi-arid northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, vol.20, p.285-297.

BOUVY M., FALCÃO D., MARINHO M., PAGANO M. AND MOURA A. 2000, Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology*, vol.23, p. 13-27.

BOUVY M., NASCIMENTO SM., MOLICA RJR., FERREIRA A., HUSZAR V. AND AZEVEDO, SMFO. 2003, Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brasil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, vol.493, p.115-130.

BOWLING, LC., MERRICK, C., SWANN J., GREEN D., SMITH, G. AND NEILAN, BA. 2013, Effects of hydrology and river management on the distribution, abundance and persistence of cyanobacterial blooms in the Murray River, Australia. *Harmful Algae*, vol. 30, p. 27-36.

BRASIL, 2005, *Resolução nº. 357 de 15 de março de 2005*. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). 27p.

BRASIL, 2011, *Portaria ministério da saúde n° 2914 de dezembro 2011*.

CALIJURI, MC., ALVES, MA. AND SANTOS, ACA. 2006, *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Rima Editora, 118 p.

CARMICHAEL, WW. 2001, Health effects of toxin-producing cyanobacteria: The CyanoHABs. *Human and Ecological Risk Assessment*, vol.75, p. 1393-1407.

CHELLAPPA NT. AND CHELLAPPA S.L. 2008, Harmful Phytoplankton Blooms and Fish Mortality in a eutrophicated reservoir of Northeast Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol.51, p. 833-841.

CHEN, J., AND XIE, P. 2005, Tissue distributions and seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins -LR and -RR in two freshwater shrimps, *Palaemon modestus* and *Macrobrachium nipponensis*, from a large shallow, eutrophic lake of the subtropical China: *Toxicon*, vol. 45, p. 615-625.

_____ 2007, Microcystin accumulation in freshwater bivalves from Lake Taihu, China, and the potential risk to human consumption. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 26, p. 1066-1073.

CHORUS, I. AND BARTRAM, J. (eds), 1999, *Toxic Cyanobacteria in water: A guide to the Public Health Consequences, Monitoring and Management*. E and FN Spon. London, p.416.

CODD, GA., MORRISON, LF. AND METCALF, JS. Cyanobacterial toxins: management for health protection. *Toxicol. App. Pharm.*, vol. 203, p. 264-272, 2005.

COLE, G., 1975, *Textbook of Limnology*. Saint Louis: The C.V. Mosby, 283p.

COSTA IAS., AZEVEDO SMO., CHELLAPPA N.T., SENNA PAC., BERNARDO RR. AND COSTA SM., 2006, The occurrence of toxic-producing cyanobacterial blooms in a semi-arid reservoir in the northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol.66, p. 29-41

COSTA IAS., SANTOS, AP., SILVA, AAL., MELO SG., PANOSSO RF. AND ARAÚJO MFF. 2006a, Floração de Algas Nocivas: ameaça às águas Potiguares. *Revista Fundação de Apoio a Pesquisa do Rio Grande do Norte*, Natal, p. 14-16.

COSTA, IAS., SOUZA, SR., PANOSSO, RF., ARAUJO, MFF., MELO, J. MELO, JLS. AND ESKINAZI-SANTANNA, E., 2009, M. Dinâmica de cianobactérias em açudes eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis (Impresso) JCR*, vol. 13, p. 382-401.

DANTAS, EW., MOURA, AN., AND BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC., 2011, Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol.83, no. 4, p. 1327-1338.

- DIETRICH, DR. AND HOEGER, SJ. 2005, Guidance values for microcystins in water and cyanobacterial supplement products (blue–green algal supplements): a reasonable or misguided approach? *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, vol. 203, p. 273-289.
- DITTMANN, E. AND WIEGAND, C. 2006, Cyanobacterial toxins – occurrence, biosynthesis and impact on human affairs. *Mol. Nutr. Food Res.* vol.50, p. 7–17.
- DROBAC, D., TOKODI, N., SIMEUNOVIĆ, J., BALTIĆ, V., STANIĆ, D. AND SVIRČEV, Z. 2013, Human Exposure To Cyanotoxins And Their Effects On Health. *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, vol. 64, p. 305-316.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, EM., PANOSSO, RF., ATTAYDE, J.L., COSTA, IAS., SANTOS, C.M. AND ARAÚJO, MFF. Águas potiguares: oásis ameaçados. *Ciência Hoje*, vol.39, no. 233.
- FERRÃO-FILHO AS., SOARES MC., ROCHA, MIA., MAGALHÃES, VF. AND AZEVEDO, SMFO. 2009, Florações de Cianobactérias tóxicas no Reservatório do Funil: dinâmica sazonal e consequências para o zooplâncton. *Oecologia Brasiliensis*, vol.13, p. 346-365.
- GALVÃO, JA., KUJBIDA, P., HILLER, S., LUCKAS, B. AND PINTO, E. 2009, Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. *Toxicon*, vol. 54, p. 891-894.
- GUTIÉRREZ-PRAENA, D., JOS, A., PICHARDO, S., MORENO, IM. AND CAMEÁN, AM. 2013, Presence and bioaccumulation of microcystins and cylindrospermopsin in food and the effectiveness of some cooking techniques at decreasing their concentrations: A review. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 53, no. 0, p. 139-152.
- HILBORN, ED., SOARES, RM., SERVAITES, JC., DELGADO, AG., MAGALHÃES, VF., CARMICHAEL, WW. AND AZEVEDO, SM. 2013, Sublethal Microcystin Exposure and Biochemical Outcomes among Hemodialysis Patients. *PLoS One*, vol. 8, no. 7.
- HO, L., SAWADE, E., AND NEWCOMBE, G. 2012, Biological treatment options for cyanobacteria metabolite removal—A review. *Water research*, vol.46, no.5, p.1536-1548.
- HUSZAR, VLM., SILVA, LHS., MARINHO, M., DOMINGOS, P. AND SANT'ANNA, CL. 2000, Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, vol. 424, p. 67-77.
- JOCHIMSEN, EM., CARMICHAEL, WW., AN, J., CARDO, DM., COOKSON, ST., HOLMES, CM., D., ANTUNES, MBD., MELO, DA., LYRA, TM., BARRETO, VST., AZEVEDO, SMFO. AND JARVIS, WR. 1998, Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialyses center in Brazil. *New England Journal of Medicine*, vol. 338, p. 873-878.
- KOMÁREK, J. AND ANAGNOSTIDIS, K., 1989, Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4–Nostocales. – *Arch. Hydrobiol. Suppl. Algalogical Studies*, vol. 56, p. 247–345.
- KOMÁREK, J. AND ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota., 1998, 1. Teil: Chroococcales. In: ettl, h.; GärDner, G.; heyinG, h. and mollenhauer, D (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Gustav Fischer, Jena–Stuttgart–Lübeck–Ulm, vol. 19, no. 1, 548 p.

KOMÁREK, J. AND ANAGNOSTIDIS, K. 2005, Cyanoprokariota, 2: Oscillatoriales. p.1-758. In: B. Büdel; L. Krienitz; G. Gärtner and M. Schagerl, (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Elsevir gmbh, münchen, vol. 19, no 2, 758p.

LUND, JWG., KIPLING, C. AND LECREN, ED. 1958, The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* vol.11, p.143-170.

MAGALHÃES, VF., Soares, RM. AND AZEVEDO, SMFO. 2001, Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, vol.39, p.1077-1085.

MATTHIENSEN, A., YUNES, JS. AND CODD, GA. 1999, Ocorrência, distribuição e toxicidade de cianobactérias no estuário da Lagoa dos Patos, RS. *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 59, p. 361-376.

MESSINEO, VS., BOGIALLI, S., MELCHIORRE, N., SECHI, A., LUGLIÈ, P., CASIDDU, MA., MARIANI, BM., PADEDDA, AD., CORCIA, R., MAZZA, E., CARLONI, AND BRUNO, M. 2009, Cyanobacterial toxins in Italian freshwaters: *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, vol. 39, p. 95-106.

MOHAMED, ZA. AND CARMICHAEL, WW. 2000, Seasonal variation in microcystin levels of river Nile water at Sohag City, Egypt. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, vol.36, p. 227-234.

MOLICA R., ONODERA H., GARCIA C., RIVAS M., ANDRINOLO D., NASCIMENTO S., MEGURO H., OSHIMA O., AZEVEDO S. AND LAGOS N. 2002, Toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) isolated from Tabocas reservoir in Caruaru, Brazil , including demonstration of a new saxitoxin analogue. *Phycologia*, vol.41, p. 606-611.

MOLICA, RJ., OLIVEIRA, EJ., CARVALHO, PV., COSTA, NA., CUNHA, MC., MELO, GL., AND AZEVEDO, SMFO. 2005, Occurrence of saxitoxin and an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking waters supply. *Harmful Algae*, vol. 4, no. 4, p. 743-753.

OLIVEIRA, NB. , SCHWARTZ, C. A., BLOCH JR, C., PAULINO, L., AND PIRES, JROR. 2013, Bioacumulation of Cyanotoxins in Hypophthalmichthys molitrix (Silver Carp) in Paranoa Lake, Brasilia-DF, Brazil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 90, no. 3, p. 308-313.

PANOSSO, R., COSTA, IAS., SOUZA, NR, CUNHA, SRS., ATTAYDE, JL. AND GOMES, FCF. 2007, Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, vol. 11, no..3, p. 433-449.

PAPADIMITRIOU, T., KAGALOU, I., STALIKAS, C., PILIDIS, G. AND LEONARDOS, ID. 2012, Assessment of microcystin distribution and biomagnification in tissues of aquatic food web compartments from a shallow lake and evaluation of potential risks to public health. *Ecotoxicology*, vol. 21, p. 1155–1166.

PICCIN - SANTOS, V. AND BITTENCOURT-OLIVEIRA, MC. 2012, Toxic cyanobacteria in four Brazilian water supply reservoirs.(Report). *Journal of Environmental Protection*, vol. 3, no. 1, p. 68.

PÍREZ, MG., GONZALEZ-SAPIENZA, D. SIENRA, G. FERRARI, M. LAST, JA., LAST, AND BM., BRENA, 2013, Limited analytical capacity for cyanotoxins in developing countries may hide serious environmental health problems: Simple and affordable methods may be the answer: *Journal of Environmental Management*, vol. 114, p. 63-71.

SÁ, LLCD., VIEIRA, J., MENDES, R., Pinheiro, S. C. C., Vale, E. R., ALVES, F., AND COSTA, V. 2010, Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, vol. 1, p. 159-166.

SKULBERG, OM. 2000, Microalgae as a source of bioactive molecules – experience from cyanophyte research. *J. Appl. Phicol.*, vol. 12, no. 3-5, p. 341-348.

SILVA, LAP., ARAÚJO, F., PANOSSO, R., CAMACHO, F. AND COSTA, IAS. 2011, As águas verdes dos Reservatórios do Rio Grande do Norte: o problema das cianobactérias e cianotoxinas. *Boletim Ablimno*, no. 39, vol. 2

SINCLAIR, JL., HALL, S., BERKMAN, JAH., BOYER, G., BURKHOLDER, J., BURNS, J., CARMICHAEL, W., DUFOUR, A., FRAZIER, W., MORTON SL., O'BRIEN, E. AND WALKER, S. Occurrence of cyanobacterial harmful algal blooms workgroup report. *Adv. Exp. Med. Biol.*, vol. 619, p.45-103, 2008.

SMITH, VH., AND SCHINDLER, DW. 2009, Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 24, no.4, p. 201-207.

SOTERO-SANTOS, RB., CARVALHO, EG., DELLAMANO-OLIVEIRA, MJ., AND ROCHA, O. 2008, Occurrence and toxicity of an Anabaena bloom in a tropical reservoir (Southeast Brazil). *Harmful Algae*, vol. 7, no. 5, p. 590-598.

SOUSA, W., ATTAYDE, JL., ROCHA, ES. AND ESKINAZI-SANT'ANNA, EM. The response of zooplankton assemblages to variations in the water quality of four man-made lakes in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Plankton Research*, vol. 30, no. 6, p. 699–708, 2008.

SPYROS, G. AND NIKOS, Z. 2013, Cyanotoxin occurrence and potentially toxin producing cyanobacteria in freshwaters of Greece: A multi-disciplinary approach: Proof, *Toxicon*, , vol.78, p.1-9.

THORNTON, JA. AND RAST, W. 1993, A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: Straskrabra M., Tundisi, J. G. and Duncan, A., (eds.). *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, pp. 1-24.

UHELINGER, V. 1964, Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Arch Science*, v. 17, p.121-23.

UTERMÖHL, H. 1958, Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitteilungen. *Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, vol. 9, p. 1-38.

VASCONCELOS, JF., BARBOSA, JEL., DINIZ, CR., AND CEBALLOS, BSO. 2011, Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, vol.39, no.2, p. 1-20.

VIEIRA, JMDS., AZEVEDO, MTDP., AZEVEDO, SMFO., HONDA, RY, AND CORRÊA, B. 2005, Toxic cyanobacteria and microcystin concentrations in a public water supply reservoir in the Brazilian Amazonia region. *Toxicon*, vol. 45, no. 7, p. 901-909.

VIEIRA, JMS., SÁ, LLC., SANTOS, ECO., LIMA, MO., BERNARDO, RR., AND AZEVEDO, SMFO. (2003). Ocorrência de *Cylindrospermopsis raciborskii* e saxitoxinas durante uma mortandade de peixes nos rios Iriri e Xingu, Altamira, Pará, Brasil [anais]. In *22º Congresso Brasileiro de Microbiologia*.

YUNES, JS., CUNHA, NT., BARROS, LP., PROENÇA, LAO. AND MONSERRAT, JM. 2003, Cyanobacterial Neurotoxins from Southern Brazil. *Comments on Toxicology*, vol. 9, p. 103-115.

TABELAS

Tabela 1. Características hidrológicas e morfométricas dos reservatórios estudados. ARG: Armando Ribeiro Gonçalves; PT: Passagem das Traíras; GARG: Garagalheiras. Zmax: profundidade máxima; Zm: profundidade média TR: tempo médio de residência; VMA: Volume Médio Anual.

RESERVATÓRIO	ARG	PT	ITANS	GARG
Volume Máximo (x 10⁶ m³)	2.400,0	48,8	81,7	44,4
VMA entre 2009 - 2011 (x 10⁶ m³)	2.055,0	39,2	61,3	32,5
Zmáx (m)	40	25	23	29
Zm médio (m)	12,2	3,9	5,1	4,4
Tempo de Residência (m³/anos)	3,65	0,26	2,46	6,22
VMA ano 2009 (%)	95	94,0	88,2	82,1
VMA ano 2010 (%)	77,4	31,6	63,1	52,5
VMA ano 2011 (%)	91,2	40,1	75,2	66,1

Fonte: DNOCS; SEMARH; Costa et al., 2009.

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis limnológicas dos quatro açudes estudados. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

	ITAJÁ	SR	JUCURUTU	ITANS	PT	GARG
Transparência (m)	1,0 (0,5 - 2,0)	0,8 (0,6 - 1,5)	0,5 (0,2 - 0,9)	1,1 (0,5 - 3,5)	0,7 (0,3 - 1,3)	0,9 (0,3 - 1,3)
Profundidade (m)	25 (18 - 28)	19 (12 - 24)	1,0 (0,2 - 3)	3,6 (0,7 - 8)	1,6 (0,5 - 6)	2,4 (0,6 - 12)
pH	8,4 (6,8 - 9,6)	8,3 (6,5 - 9,4)	7,8 (6,6 - 8,9)	8,7 (7,8 - 9,2)	8,7 (7,4 - 9,5)	8,8 (7,4 - 10)
Condutividade(S cm⁻¹)	12,4 (9 - 15,8)	12,8 (9 - 17)	17,5 (10 - 31,3)	26,3 (17,7 - 35,7)	28,6 (0,5 - 47,9)	28,5 (19,3 - 37,3)
Turbidez (NTU)	95,8 (9,6 - 720)	256,3 (15,5 - 790)	257,6 (55 - 973)	249,7 (8,3 - 990)	243,6 (8,7 - 816,7)	242,9 (11 - 843,3)
Temperatura (°C)	29 (27,2 - 32,2)	29 (27,1 - 31,9)	30,3 (26,4 - 33,5)	29,4 (26,5 - 32,1)	28,6 (26,1 - 30,9)	27,9 (25,2 - 32,7)

Tabela 3. Médias (\pm desvio padrão) das concentrações de microcistinas e saxitoxinas e médias de densidade de cianobactérias nos reservatórios estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

	ITAJÁ	SR	JUCURUTU	PT	ITANS	GARG
MICROCISTINA ($\mu\text{g.L}^{-1}$)						
Período chuvoso 2009-2011	2,97 (\pm 2,5)	1,98 (\pm 1,7)	1,52 (\pm 0,8)	3,58 (\pm 2,9)	2,62 (\pm 2,3)	5,84 (\pm 6,5)
Período seco 2009-2011	0,44 (\pm 0,4)	0,42 (\pm 0,3)	0,24 (\pm 0,3)	-	0,36 (\pm 0,3)	0,38 (\pm 0,3)
Período chuvoso 2009	2,73 (\pm 0,1)	1,31 (\pm 0,2)	1,84 (\pm 0,6)	3,24 (\pm 2,8)	5,19 (\pm 0,7)	13,29 (\pm 15,4)
Período chuvoso 2010	5,62 (\pm 0,9)	3,90 (\pm 2,4)	2,15 (\pm 2,7)	6,64 (\pm 1,0)	2,09 (\pm 3,0)	2,64 (\pm 3,7)
Período chuvoso 2011	0,57 (\pm 0,6)	0,74 (\pm 0,3)	0,57 (\pm 0,3)	0,86 (\pm 1,0)	0,59 (\pm 0,3)	1,60 (\pm 0,5)
Período seco 2009	0,15 (\pm 0,1)	0,21 (\pm 0,2)	0,08 (\pm 0,1)	0,06 (\pm 0,1)	0,08 (\pm 0,0)	0,20 (\pm 0,4)
Período seco 2010	0,85 (\pm 0,4)	0,70 (\pm 0,5)	0,55 (\pm 0,3)	0,47 (\pm 0,3)	0,72 (\pm 0,6)	0,67 (\pm 0,1)
Período seco 2011	0,33 (\pm 0,1)	0,35 (\pm 0,2)	0,09 (\pm 0,0)	-	0,27 (\pm 0,2)	0,28 (\pm 0,4)
SAXITOXINA ($\mu\text{g.L}^{-1}$)						
Período chuvoso 2009-2010	0,02 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,17 (\pm 0,2)	0,05 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,11 (\pm 0,1)
Período seco 2009-2010	0,11 (\pm 0,1)	0,14 (\pm 0,2)	0,02 (\pm 0,0)	0,07 (\pm 0,0)	0,11 (\pm 0,0)	0,02 (\pm 0,0)
Período chuvoso 2009	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,02 (\pm 0,0)
Período chuvoso 2010	0,04 (\pm 0,1)	0,02 (\pm 0,0)	0,32 (\pm 0,4)	0,08 (\pm 0,0)	0,02 (\pm 0,0)	0,21 (\pm 0,3)
Período seco 2009	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,01 (\pm 0,0)	0,11 (\pm 0,1)	0,11 (\pm 0,1)	0,02 (\pm 0,0)
Período seco 2010	0,21 (\pm 0,2)	0,27 (\pm 0,4)	0,04 (\pm 0,0)	0,04 (\pm 0,1)	0,11 (\pm 0,2)	0,01 (\pm 0,0)
Período seco 2011	0,01 (\pm 0,0)	0,02 (\pm 0,0)	0,03 (\pm 0,0)	-	0,01 (\pm 0,0)	0,15 (\pm 0,1)
DENSIDADE (cel.ml^{-1})						
Período chuvoso	$4,6 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$	$0,41 \times 10^5$	$6,5 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	$6,1 \times 10^5$
Período seco	$4,1 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$	$0,30 \times 10^5$	$8,5 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$	$3,7 \times 10^5$
Período chuvoso 2009	$4,6 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$	$0,72 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	$12,4 \times 10^5$
Período chuvoso 2010	$3,5 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$	$0,083 \times 10^5$	$9,8 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$	$1,9 \times 10^5$
Período chuvoso 2011	$5,6 \times 10^5$	$3,5 \times 10^5$	$0,43 \times 10^5$	$8,2 \times 10^5$	$0,091 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$
Período seco 2009	$5,2 \times 10^5$	$4,0 \times 10^5$	$0,63 \times 10^5$	$9,5 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$
Período seco 2010	$3,9 \times 10^5$	$3,6 \times 10^5$	$0,20 \times 10^5$	$12,8 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	$0,52 \times 10^5$
Período seco 2011	$3,1 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$	$0,092 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$	$0,051 \times 10^5$	$5,1 \times 10^5$

FIGURAS

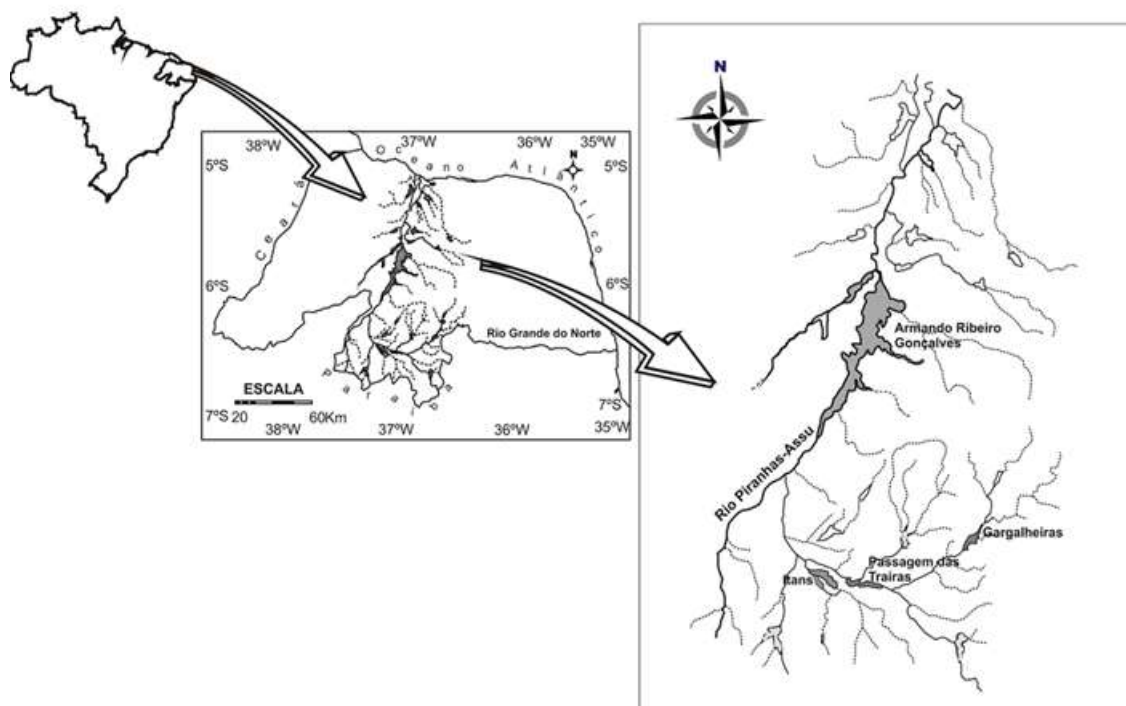


Figura 1. Localização dos açudes estudados (adaptado de Costa et al., 2009).

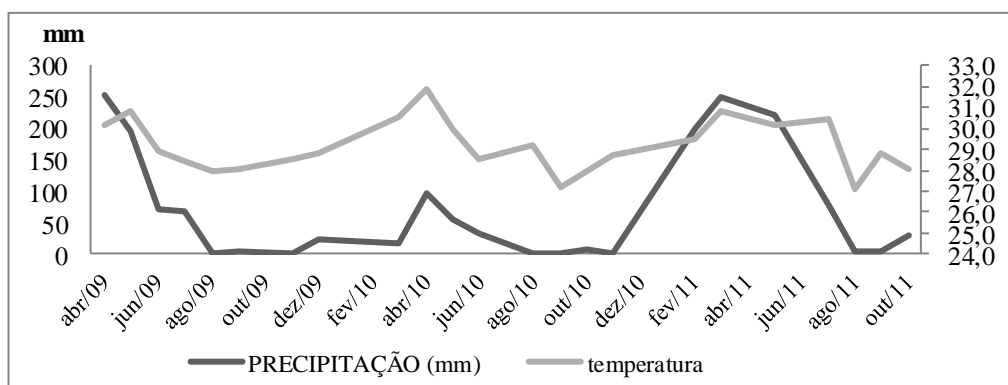


Figura 2. Precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2009 e 2011.

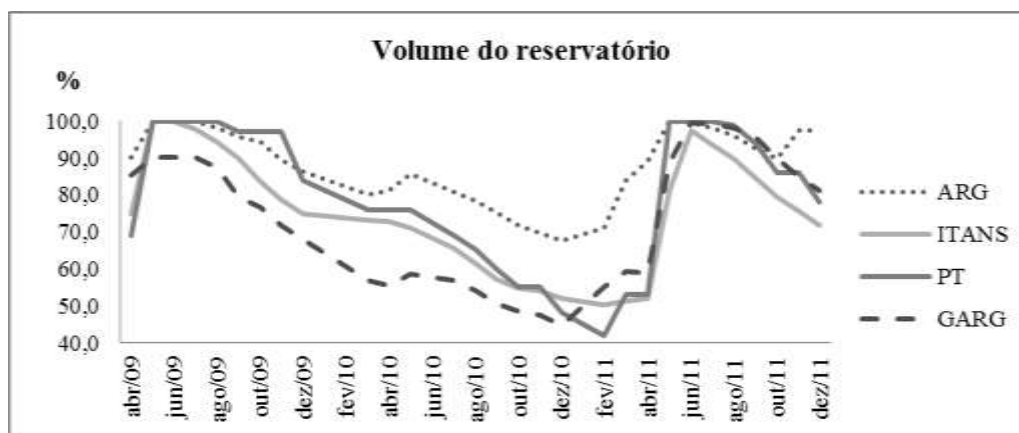


Figura 3. Volume Médio Anual (VMA) (%) entre os anos de 2009 e 2011. ARG: Armando Ribeiro Gonçalves; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

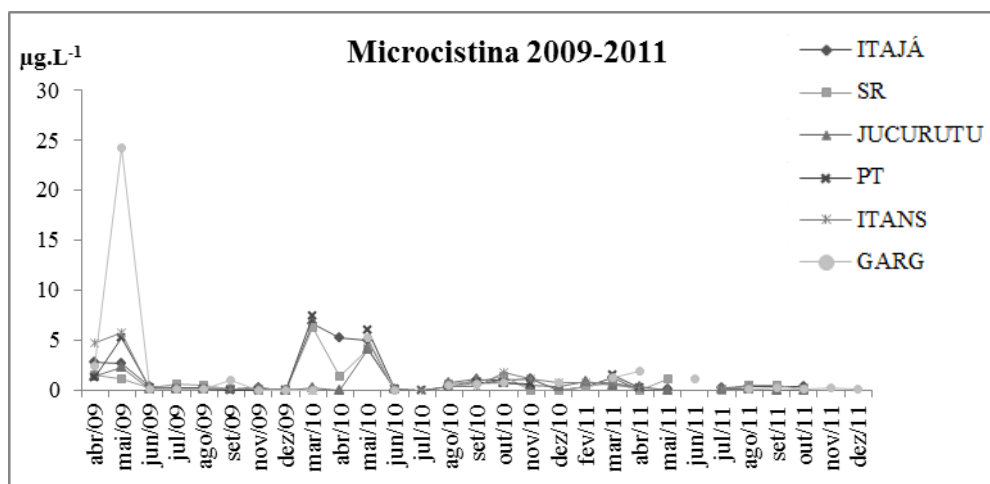


Figura 4. Valores de microcistinas encontradas nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

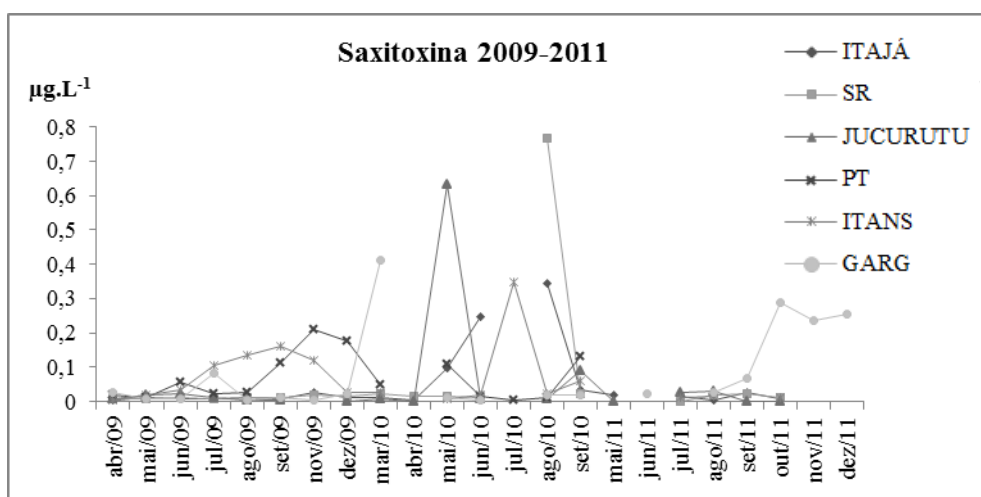


Figura 5. Valores de saxitoxinas encontradas nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

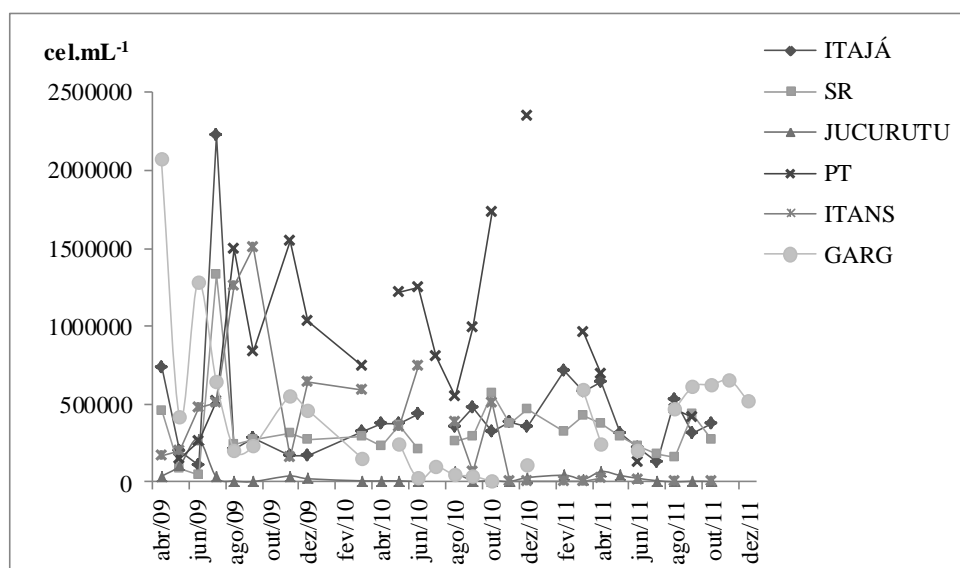


Figura 6. Densidades de cianobactérias nos pontos amostrais estudados entre 2009 e 2011. SR: São Rafael; PT: Passagem das Traíras e GARG: Garagalheiras.

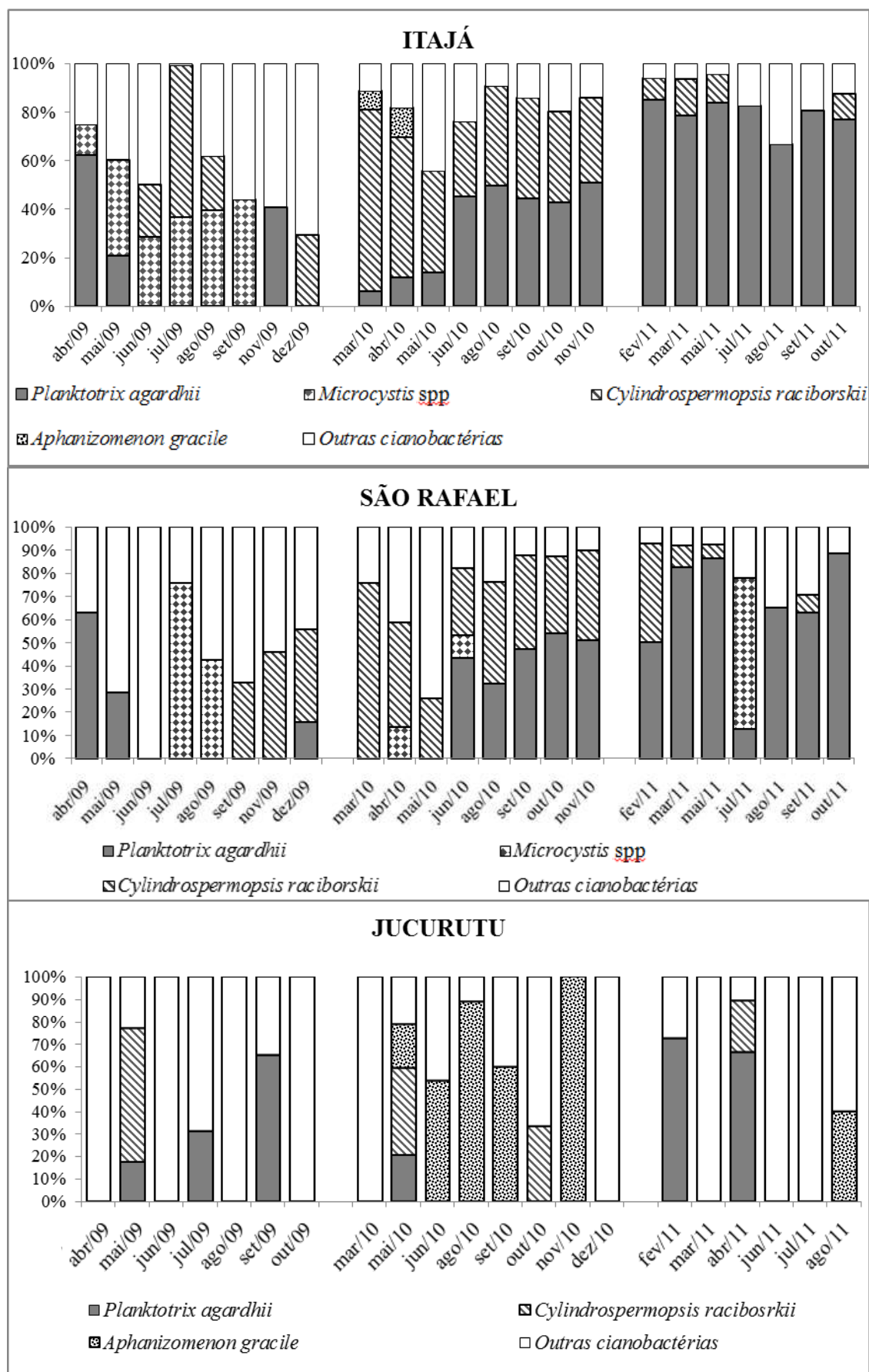


Figura 7. Contribuição relativa de cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, dominantes para o total de cianobactérias nos três pontos amostrais do açude Armando Ribeiro Gonçalves (entre 2009 e 2011). *Microcystis spp** = *M. aeruginosa* e *M. panniformis*.

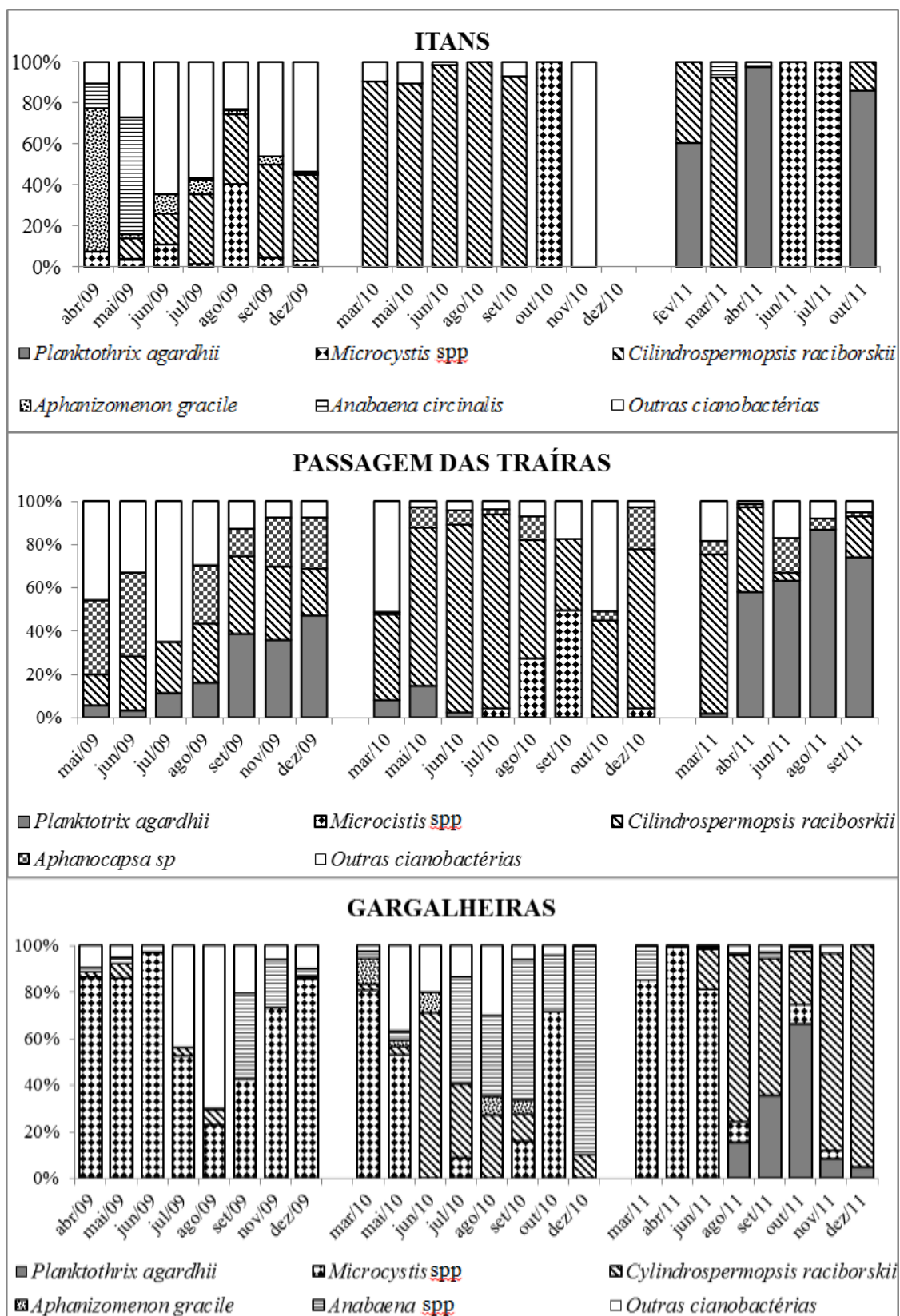


Figura 8. Contribuição relativa das cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, dominantes para o total de cianobactérias em três dos açudes estudados (entre 2009 e 2011). *Anabaena spp** = *A. circinalis* e *A. planctonica* e *Microcystis spp** = *M. aeruginosa* e *M. panniformis*.

**CAPÍTULO II - PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PESCADORES E
AQUICULTORES NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Artigo submetido à revista Ciência e Natura

<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/cienciaenatura/about/submissions#authorGuidelines>

**PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PESCADORES E AQUICULTORES PARA
SUBSIDIAR AÇÕES DE GESTÃO AMBIENTAL E DE SAÚDE PÚBLICA**

**ENVIRONMENTAL PERCEPTION OF FISHERS AND FISH FARMERS
IN BRAZILIAN SEMI-ARID, RN, BRAZIL**

Resumo: o objetivo desse trabalho foi fazer um diagnóstico sobre a percepção ambiental dos pescadores e aquicultores em dois açudes importantes do Rio Grande do Norte (Brasil): Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves e Marechal Dutra. Para isso, foram realizadas 52 entrevistas semiestruturadas com questões majoritariamente relacionadas à água, com temas que tratam de problemas ambientais e meio ambiente. As questões foram divididas em eixos temáticos que abrangem perguntas sobre os usos da água do açude; sobre o que os entrevistados entendem por poluição e quais são os tipos; sobre a possibilidade de eles poderem ajudar a amenizar os problemas ambientais, entre outras questões. Os resultados mostram que os entrevistados reconhecem os principais usos da água dos açudes, reconhecem a importância e enxergam os mesmos de forma positiva. Eles também percebem que a água está com a qualidade ruim e que pode trazer problemas de saúde. Esses resultados fornecem embasamento a uma posterior proposta de educação ambiental ligada à gestão pública da saúde inserida no contexto dessa determinada população, tornando-a mais efetiva.

Palavras-chave: percepção ambiental; aquicultura; eutrofização; cianobactérias e cianotoxinas.

Abstract: the aim of this study was to make a diagnosis of the environmental perception of fishers and fish farmers in two major reservoirs of Rio Grande do Norte (Brazil): Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves and Marechal Dutra. For this, we conducted 52 semi-structured interviews with mostly water-related issues, dealing with themes of environmental problems and the environment. The questions were divided into themes covering questions about the uses of the reservoir water, about what interviewees understand by pollution and which are the types, about the possibility that they could help mitigate environmental problems, among other questions. The results show that interviewees recognize the major uses of water in reservoirs; they recognize the importance of the reservoirs and see the reservoirs in a positive way. They also realize that the water has poor quality and can cause health problems. These results provide a foundation for a future proposal of environmental education linked to public health management within the context of this particular population, making it more effective

Key words: environmental perception, eutrophication, aquaculture, cyanobacteria and cyanotoxins

1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios da região semiárida do Nordeste, regionalmente chamados de açudes, foram construídos para tentar amenizar as consequências da seca, que é uma condição natural causada pelo regime irregular de chuvas, caracterizado por um período de precipitação abundante e longos períodos de escassez de água. Os açudes são utilizados para atividades de aquicultura, irrigação, lazer, pesca, entre outros (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006; COSTA et al., 2006a). Por isso, uma boa qualidade da água dos açudes (Classe II de acordo com CONAMA 357/05) deve ser mantida para garantir seus usos para a sobrevivência da população.

No entanto, muitos açudes localizados na região semiárida do Rio Grande do Norte (RN) estão em estado eutrófico com incidência de constantes florações de cianobactérias (COSTA et al., 2009; PANOSSO et al., 2007; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006). A eutrofização artificial é recorrente nesses locais devido ao grande aporte de nutrientes como fósforo e nitrogênio descartados incorretamente, originados principalmente por ações antrópicas desordenadas, como a utilização excessiva de agrotóxicos e fertilizantes e a geração de esgotos em grande quantidade, o que compromete a qualidade da água, prejudica os organismos aquáticos, a economia, a saúde e a população (ESTEVES, 1988; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2006).

A eutrofização pode gerar florações de microrganismos tóxicos, como as cianobactérias, que modificam negativamente a qualidade da água, causando mau cheiro, alteração de cor e sabor desagradável; afetam também a atividade pesqueira, impedindo inclusive a locomoção das canoas quando se encontram muito densas, além de produzir toxinas prejudiciais às plantas, aos animais aquáticos e terrestres e também ao homem. (CHORUS & BARTRAM, 1999). As toxinas podem acumular no pescado diminuindo a sua qualidade e comprometendo a saúde humana através da contaminação oral, (GALVÃO et al., 2009) ou podem causar irritações na pele e sintomas diversos que são semelhantes aos de uma gastroenterite, tais como diarreia, dores abdominais e vômitos (CHORUS & BARTRAM, 1999; FUNARI & TESTAI, 2008).

O cultivo de peixes, que vem crescendo principalmente no interior do estado, e a pesca no RN são atividades que contribuem com a economia e geram renda para os pescadores, aquicultores e outros (CARTE, 2013; Rio Grande Do Norte, 2012). A perda da qualidade de água do açude, além de se tratar de um problema ambiental e econômico, trata-se também de um problema social, já que a saúde pública e o trabalho de muitas pessoas podem ser afetados. Por isso, é essencial saber se a população percebe o problema da poluição da água, como ele pode afetá-la e o porquê dele ocorrer.

O grupos que podiam contribuir de forma mais direta para essa pesquisa com sua compreensão do meio ambiente eram os pescadores e aquicultores. O conhecimento da percepção ambiental desses grupos é de grande importância, pois através dela pode-se avaliar a conscientização ambiental, a relação das pessoas com o meio ambiente (VILLAR et al., 2008) e ela pode servir de base para contribuir para um trabalho posterior de preservação e educação ambiental, que é considerada essencial para enfrentar a problemática ambiental (DIAS, 1998 *apud* FREITAS, 2012).

É preciso ter conhecimento de como o ser humano enxerga e entende o mundo à sua volta para compreender suas atitudes e comportamentos em relação ao meio ambiente. Assim, posteriormente, podem-se elaborar estratégias de sensibilização e educação ambiental eficientes, que sejam vinculadas a realidade de uma determinada população, facilitando a compreensão e a reflexão sobre os problemas ambientais. Só assim é viável, quando for necessário, promover uma mudança de comportamento

populacional. Pois, só é possível haver essa mudança profunda quando o ser humano assimilar e realmente sentir que faz parte do meio ambiente, entendendo também que a proteção dele está ligada a própria sobrevivência humana (OLIVEIRA et al., 2011).

Com isso, é possível que a população enxergue como suas atitudes podem afetar o meio ambiente, sendo possível promover as ideias do senso de responsabilidade e a tomada de consciência das necessidades ambientais. Fazendo com que as pessoas possivelmente tornem-se participativas, aplicando medidas apropriadas para preservar a qualidade da água dos açudes e proteger o meio ambiente. (MUÑOZ, 1996 *apud* FREITAS, 2012; FREITAS, 2012). Esses açudes apresentam constantes florações de cianobactérias e são monitorados constantemente por grupos de pesquisa do Laboratório de Microbiologia Aquática da Universidade Federal do RN (LAMAq/UFRN). Além disso, trabalhos de percepção ambiental são realizados na região semiárida, em municípios próximos aos açudes, por grupos de pesquisa do LAMAq (MEDEIROS & ARAÚJO, 2013; ARAÚJO et al., 2011; PETROVICH & ARAÚJO, 2009), mas ainda não foram realizados com as comunidades de pescadores e aquicultores.

Em relação aos recursos hídricos e à saúde da população relacionada à qualidade da água (SANTOS et al., 2013; MEDEIROS & ARAÚJO, 2013; ARAÚJO et al., 2011; PETROVICH, & ARAÚJO, 2009), é possível afirmar que há muitos temas a serem esclarecidos. Dessa forma, a participação dos entrevistados será de grande importância para essa pesquisa, pois a partir disso, será possível criar estratégias para amenizar ou criar possíveis soluções para determinados problemas ambientais e de saúde pública. Assim, o objetivo com pesquisa é entender como os problemas ambientais, a sustentabilidade e o meio ambiente são percebidos por pescadores e aquicultores que vivem em municípios próximos aos açudes Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) e Marechal Dutra (Gargalheiras), localizados no semiárido do Rio Grande do Norte.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na colônia de pescadores e nos viveiros do município de Itajá/RN, próximo ao açude ARG, e na colônia de pescadores do município de Acarí/RN, próximo ao açude Gargalheiras. Os açudes se localizam na região semiárida do RN e estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Ela ocupa 32,8% do território estadual, sendo responsável por 79,6% do volume de água que é acumulado no RN. Os açudes foram construídos pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), o ARG em 1983 e o Gargalheiras em 1959. O Gargalheiras localiza-se a 13 km da cidade de Acarí (Latitude: -6.45998, Longitude: -36.641) e tem a capacidade de comportar 44.421.000 m³ de água. O ARG é o maior açude do Rio Grande do Norte e localiza-se a 2 km da cidade de Assu (Latitude: -5.57728, Longitude: -36.9084). Ele tem a capacidade de comportar 2.400.000.000 de m³ de água. (COSTA et al., 2009; Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu; Departamento Nacional De Obras Contra as Secas, 2013).

3. METODOLOGIA

Para a seleção dos entrevistados, foram obedecidos dois critérios: ter idade igual ou superior a 18 anos e trabalhar direta ou indiretamente com o pescado (pescadores e aquicultores). De acordo com esses critérios, foram obtidas no total 52 entrevistas com

os pescadores e os aquicultores. Sendo 29 em Acarí e 23 em Itajá. Os grupos de entrevistados foram divididos em: comunidade de Acarí e comunidade de Itajá. Foram elaboradas questões fechadas, semiabertas e abertas, caracterizando a entrevista como semiestruturada (BONI & QUARESMA, 2005). Esse tipo de entrevista é eficiente, pois ele abrange uma amostra da população mais satisfatória do que uma entrevista somente com questões estruturadas, por exemplo. Isso ocorre principalmente pelo fato de muitas pessoas não se sentirem à vontade sobre escrever a respeito de certos temas e preferirem falar sobre eles (SELLTIZ, 1987 *apud* BONI & QUARESMA, 2005). As questões fechadas já possuem categorias de respostas criadas e restringem a opinião das pessoas e é possível que elas fiquem pouco à vontade com isso, mas essas questões tornam mais rápida a análise dos dados (ARAÚJO et al., 2011) e fazem com que a entrevista fique um pouco mais breve, exigindo menos tempo das pessoas. Já nas questões abertas, as categorias de respostas foram criadas a partir das informações fornecidas pelos entrevistados (BARDIN, 2010). Dessa maneira as questões abertas permitiam que o entrevistado se expressasse livremente, abrangendo um maior número de informações e obtendo uma melhor qualidade nas respostas, que podem ser mais completas e aprofundadas, porém, demoram mais para serem analisadas posteriormente (BONI & QUARESMA, 2005; ARAÚJO et al., 2011).

As questões da entrevista foram divididas em perfil e quatro eixos temáticos: 1- Qualidade e uso da água e poluição ambiental; 2- Sustentabilidade da atividade de cultivo em viveiro; 3- Eutrofização, cianobactérias, cianotoxinas e saúde humana e ambiental e 4- Meio ambiente: sensibilização, relação e percepção.

Com essas questões pretendeu-se compreender se os entrevistados sabiam para quais fins o açude de sua cidade é utilizado; se eles enxergavam os problemas ambientais que atingem o açude e a saúde pública; se reconheciam quais as principais fontes de poluição que podem atingir a água; se eles conseguiam ver que podem contribuir para diminuir os problemas ambientais, entre outras informações.

Dentro de cada eixo, as respostas foram analisadas de acordo com Bardin (2010) por meio de categorias de respostas avaliadas qualitativamente e quantitativamente de forma percentual. Os resultados foram interpretados e as reflexões apresentadas de forma dividida através dos eixos temáticos propostos nessa pesquisa.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa, número CAAE: 16566513.1.0000.5537.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil dos moradores que trabalham com o pescado

O público que participou das entrevistas foi representado em sua maioria pela faixa etária adulta, 31% entre 41 e 50 anos e 27% entre 31 e 40 anos. Mas, quando somente o público da comunidade de Itajá é analisado, percebe-se que a faixa etária entre 41 e 50 anos (22%) é igualmente representada pela faixa etária dos jovens (21 a 30 anos) que representou 22% dos entrevistados, diferentemente do público da comunidade de Acarí, no qual a faixa etária dos jovens foi representada por 7%.

Em relação ao sexo, notou-se um equilíbrio, com o sexo feminino sendo representado por 46% dos entrevistados e o sexo masculino por 54%. A maioria dos entrevistados possuía o 1º grau incompleto (56%), 26% não possuíam escolaridade e apenas 8% possuíam o 2º grau completo.

A maior parte do público (60%) mora no município em que foi realizada a entrevista há mais de 25 anos. Mas, na comunidade de Acarí esse público é representado por 76% dos entrevistados e na comunidade de Itajá por 39%. Mais da metade dos entrevistados (52%) trabalha com o pescado há mais de 25 anos. Na comunidade de Acarí, esse público é representado por 69% dos entrevistados e na comunidade de Itajá é representado por 30%. Conforme o relato dos entrevistados, essas grandes diferenças (na faixa etária, no tempo de residência e no trabalho com o pescado) ocorrem, pois, grande parte dos moradores da comunidade de Itajá migrou da Paraíba para o Rio Grande do Norte após a construção do açude Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

4.2 Qualidade e uso da água e poluição ambiental

As perguntas desse eixo tinham como objetivo avaliar se os entrevistados reconhecem os usos da água do açude e sabem o que pode poluir a água, incluindo suas próprias atividades. A primeira pergunta era sobre os possíveis usos da água do açude.

A maioria dos entrevistados reconhece os principais usos da água do açude (Figura 1) e outros estudos (MEDEIROS & ARAÚJO, 2013; ARAÚJO et al., 2011) revelaram resultados semelhantes em relação aos possíveis usos do açude. Mas, em relação ao uso da água para despejo de esgoto e/ou lixo é possível que tenha havido uma confusão entre qual é o uso correto da água e para o que ela realmente é usada. Pois, parte dos entrevistados negou que a água era usada para o despejo de lixo e esgoto, o que também foi encontrado por MEDEIROS & ARAÚJO, 2013, entretanto, muitos desses entrevistados afirmaram posteriormente que já tinham visto pessoas jogando lixo no açude e que não há esgotamento sanitário nas casas.

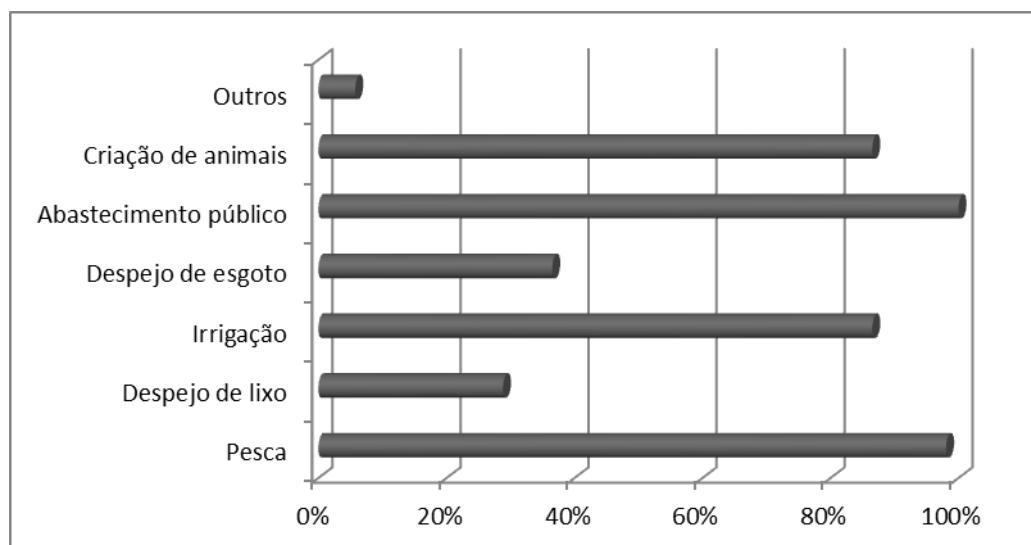


Figura 1 – Resposta dos entrevistados à pergunta: a água do açude da sua cidade é usada para quê? A categoria “outros” foi representada pelas respostas “banho” e “auxílio para o rio”.

Em relação à opinião dos entrevistados sobre o que eles consideravam poluição (questão aberta), a maioria (37%) respondeu lixo, seguida de esgoto (27%), sujeira (25%) e fumaça (23%). É possível perceber que os entrevistados associaram a poluição com os agentes poluidores que são mais visíveis nas cidades em que moram. Isso pode ser explicado pelo fato de que a percepção se revela através dos sentidos, principalmente o da visão (MORIN, 2010). Particularmente na comunidade de Itajá, 39% dos entrevistados citaram a fumaça, pois na cidade há muitas cerâmicas e é

possível ver constantemente uma fumaça preta saindo das chaminés. Já na comunidade de Acarí, a fumaça foi citada apenas por 10% da população, pois nesse município, isso não ocorre.

Os entrevistados foram indagados sobre a possibilidade de eles produzirem lixo, esgoto ou os dois (Figura 2). Quase metade dos entrevistados (48%) respondeu que produzia ambos; o fato de parte das pessoas não saberem que são produtoras de esgoto também foi relatado por ARAÚJO et al., 2011 e MEDEIROS & ARAÚJO, 2013. Com esses resultados, é possível perceber que mais da metade da população não sabe (ou não reconheceu) que produz tanto lixo quanto esgoto. Além disso, muitas pessoas confundiram produção com destinação do lixo e esgoto. Pois, muitas pessoas responderam inicialmente que não produziam lixo e esgoto, já que queimavam o lixo ou colocavam no tambor e o esgoto ia para a fossa ou secava na terra:

"... meu lixo eu junto todinho... queimo ele todinho",

" ... e esgoto aqui não tem, eu não deixo criar o esgoto ... porque boto um cano bem grande. A água desce e enxuga, não fica empoçado não."

O fato de muitos entrevistados não saberem (ou não reconhecerem) que produzem lixo e esgoto é preocupante, pois, é preciso se reconhecer como poluidor para fiscalizar suas próprias ações.

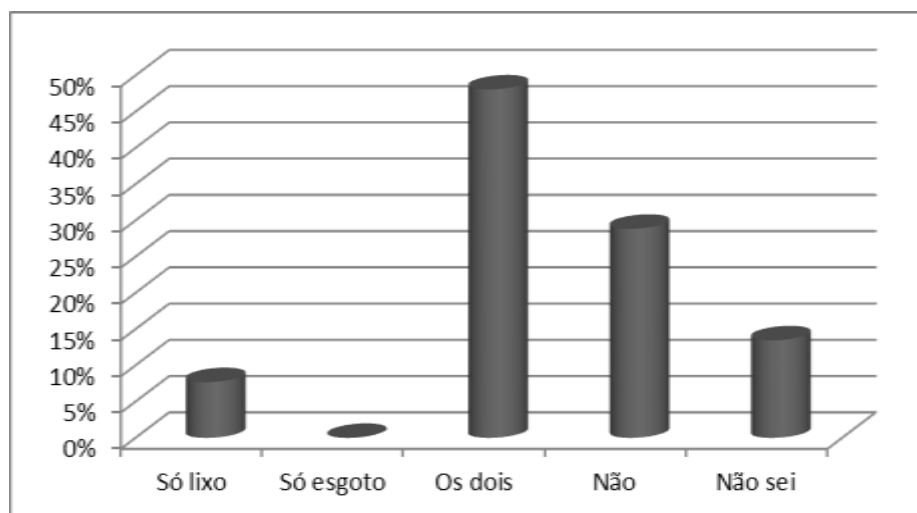


Figura 2 - Respostas dos entrevistados à pergunta: você acha que produz lixo e/ou esgoto?

Em relação aos possíveis agentes poluidores da água, mais de 90% respondeu afirmativamente para quase todos os agentes listados (Figura 3). Isso significa que mais de 90% afirmaram que o lixo e das casas e esgoto sem tratamento pode poluir, apesar de mais da metade não se reconhecer como produtor de lixo e esgoto. Os menos citados, mas ainda citados pela maioria, como agentes poluidores foram os fertilizantes (88%) e as rações (69%). Isso mostra que grande parte da população entrevistada reconheceu os agentes poluidores listados. Provavelmente rações e fertilizantes foram ligeiramente menos citados devido ao fato de que, possivelmente, uma pequena parte das pessoas pensou somente nos benefícios desses agentes. Apesar disso, a maioria percebe esses dois agentes como poluidores da água, provavelmente porque, eles podem ser utilizados para cultivar o pescado, de acordo com Kubitzka, 2003, e isso está relacionado com o trabalho dos entrevistados. Assim, grande parte dos entrevistados possivelmente sabe que esses componentes podem causar danos ao pescado, devido à alta carga de matéria

orgânica gerada por eles diminuindo a quantidade de oxigênio na água (KUBITZA, 2003).

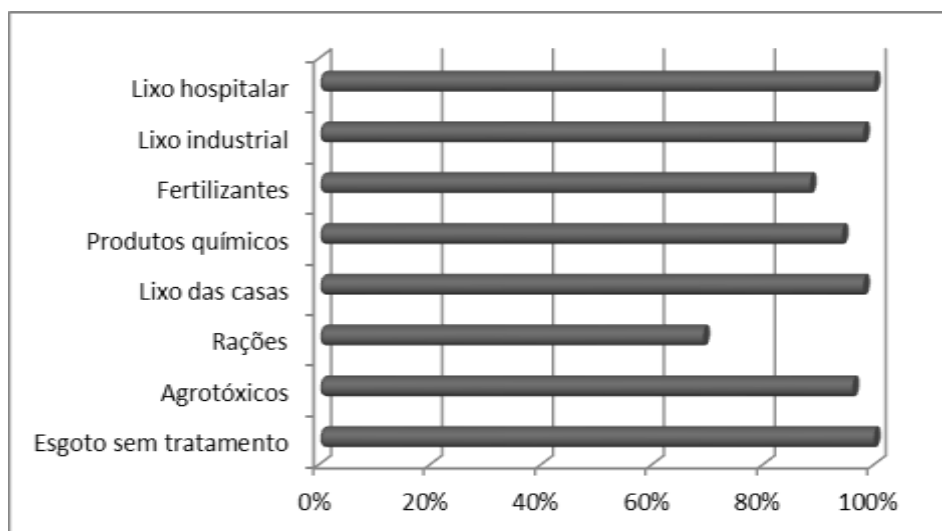


Figura 3- Respostas dos entrevistados à pergunta: quais desses agentes podem poluir a água?

4.3 Sustentabilidade da atividade de cultivo em viveiro

As perguntas do terceiro eixo só foram aplicadas na comunidade de Itajá, pois na comunidade de Acarí não há cultivo de peixes em viveiro. As perguntas desse eixo tinham como objetivo identificar se os pescadores e aqüicultores tinham conhecimento sobre a origem da água utilizada no cultivo e se essa água é boa para o mesmo. Além disso, havia uma pergunta sobre o destino da água descartada na despesca e uma sobre a possibilidade da água receber algum tratamento antes de ser descartada.

Dos 23 entrevistados, 91% afirmaram que a água usada no cultivo era originária do açude ARG. Em relação à qualidade da água utilizada no cultivo, 65% dos participantes afirmaram que ela é de boa qualidade, 13% afirmaram que a qualidade é ruim e 17% afirmaram não saber se a água é boa ou ruim para o cultivo de peixes.

Apesar de grande parte dos entrevistados afirmar que a qualidade da água é boa para o cultivo, a maioria deles afirmou que a água do açude pode trazer problemas de saúde e problemas para o meio ambiente, além disso, pouco mais da metade dos entrevistados afirmaram que a água pode prejudicar os peixes. A maioria afirmou que a água é boa para o cultivo de peixes por associarem a qualidade da água com o crescimento dos peixes, como afirma um dos entrevistados sobre a indagação da qualidade da água ser boa para o cultivo de peixes: “*Sim, se o peixe cresce*”.

Em relação às perguntas sobre a despesca, 22% dos entrevistados afirmaram que o destino da água da despesca era a irrigação, 17% afirmaram que a água voltava para o açude e 48 % afirmaram não saber qual o destino da água após a despesca feita no viveiro (Figura 4).

Quando perguntados sobre a possibilidade da água receber algum tratamento antes de ser descartada, 52% afirmaram que não sabiam, 17% afirmaram que a água não recebia tratamento e 30% afirmaram que sim, recebia. Desses, 17% informaram qual era o tipo de tratamento recebido pela água com as seguintes respostas: decantação, probiótico, cloro ou filtragem. As respostas “cloro e filtragem” provavelmente foram associadas ao tratamento que pode ser dado a água para que ela se torne potável.

Esses dados mostram que aproximadamente metade dos entrevistados da comunidade de Itajá desconhecem o tratamento e o destino da água proveniente da despesca do viveiro, apesar do efluente da aquicultura ser uma potencial fonte de poluição, se não for tratado adequadamente antes de ser descartado, podendo contribuir com a eutrofização e deplecionar os estoques de oxigênio dissolvido na água (KUBITZA, 2003).

Um dos entrevistados informou que a água da despesca é “limpa naturalmente” através do processo de decantação e é utilizada para a irrigação da plantação que existe no mesmo terreno do viveiro. Ou seja, de acordo com o que foi informado, a água não retorna para o açude, é reutilizada. Essa prática de reuso de efluentes tratados para a irrigação vem se tornando frequente, embora ainda seja pouco utilizada, e contribui para a diminuição da eutrofização dos corpos d’água e do consumo de água potável na irrigação (ANDRADE, 2013; BREMM, 2011), o que é de grande importância, principalmente no semiárido, onde o recurso é escasso (JUCHEN, 2013).

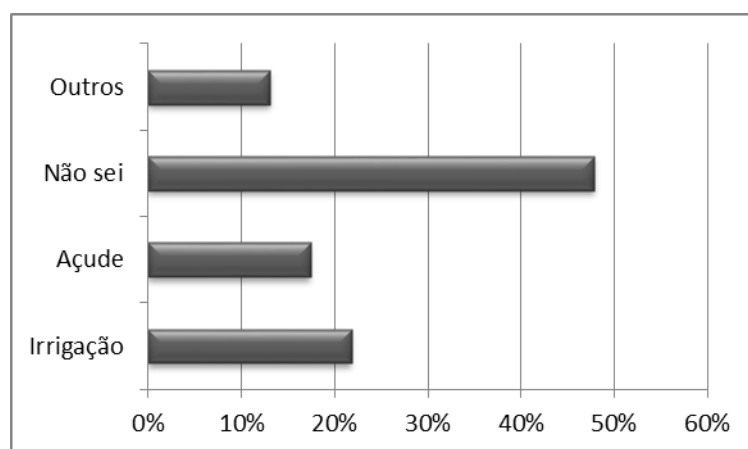


Figura 4 - Resposta dos entrevistados à pergunta: você sabe dizer para onde vai a água da despesca? A categoria “outros” foi representada pelas respostas “mato” e “bacia de sedimentação”

4.4 Eutrofização, cianobactérias, cianotoxinas e saúde humana e ambiental

Sobre o conhecimento da eutrofização, 96% dos participantes desconhecem o termo e em relação às cianobactérias, 37% afirmaram conhecer o que são. Desses, 21% afirmaram que elas são bactérias e 53% afirmaram que elas vivem na água. O desconhecimento desses termos também foi revelado por MEDEIROS & ARAÚJO, 2013 e PETROVICH & ARAÚJO, 2009.

Com relação à pergunta sobre a possibilidade das cianotoxinas afetarem a saúde, 71% afirmaram que elas podem, 10% afirmaram que elas não podem e 20% afirmaram não saber se elas podem ou não afetar a saúde da população. Apesar de grande parte dos participantes nunca terem ouvido o termo “cianotoxina”, é possível que os participantes tenham feito uma associação entre o termo “cianotoxina” e termo “toxina” e por isso responderam positivamente à pergunta, como na resposta de um deles: “*Não sei o que é, mas só pelo nome acho que faz mal*”.

Em relação à pergunta: “você já ouviu falar do problema da acumulação de microcistinas no pescado?”, 12% afirmaram que sim, 87% afirmaram que não e 2% afirmaram não saber. As respostas à pergunta sobre a possibilidade das cianotoxinas estarem dentro do peixe estão apresentadas na Figura 5. Ambas as perguntas tinham o objetivo de saber se a problemática das cianotoxinas no pescado era conhecida pelos

entrevistados, e, apesar de grande parte desconhecer essa problemática, mais da metade acredita que há a possibilidade das cianotoxinas estarem presentes nos peixes, o que mostra que eles acreditam na possibilidade de contaminação, mesmo sem conhecer o problema, com isso, pode-se entender que há uma preocupação em relação à saúde, já que a maioria afirma que as cianotoxinas podem causar problemas de saúde.

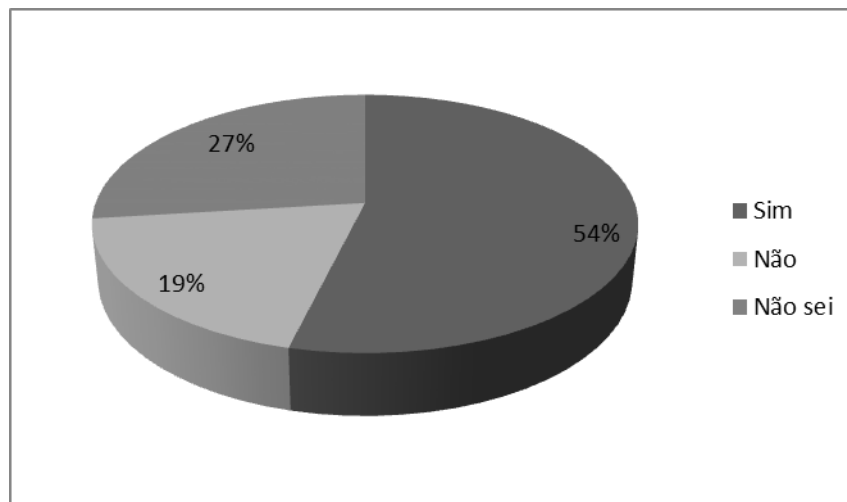


Figura 5 - Resposta dos entrevistados à pergunta: você acredita que essas cianotoxinas podem estar dentro dos peixes?

4.5 Meio ambiente: sensibilização, relação e percepção

Os objetivos das perguntas desse eixo eram saber como é a relação dos participantes com o meio ambiente, como eles o enxergam, como se relacionam com ele e como eles percebem os problemas ambientais. De acordo com Tuan (1980) é importante entender qual o significado de determinados locais para uma determinada população, com isso é possível identificar qual o tipo de elo que existe entre os dois: elo de afetividade (topofilia) e elo de aversão (topofobia) A primeira pergunta era sobre o que o trabalho significava para os entrevistados (questão aberta).

Grande parte dos entrevistados (Figura 6) afirmou que apesar de gostar do trabalho, a quantidade do pescado está muito baixa, e que geralmente precisam buscar outra fonte de renda além da pesca.

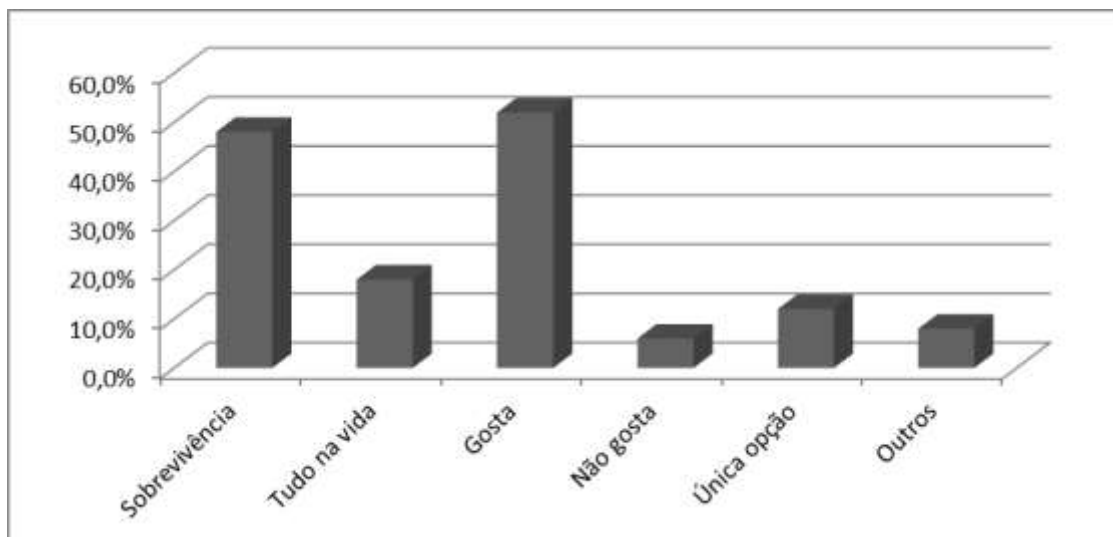


Figura 6- Respostas dos entrevistados à pergunta: o que seu trabalho significa para você? A categoria “outros” abrange as respostas: “renda extra” e “aprendizagem”

A segunda pergunta desse eixo era sobre o significado do açude para vida deles (questão aberta). Quase metade (47,1%) dos entrevistados respondeu que o açude significava tudo para eles; 23,5% responderam que a barragem era muito importante, 17,6% respondeu que o açude era bom e 11,8% afirmou que o açude não era bom, pois a água dele está ruim. Ou seja, aproximadamente 90% dos entrevistados enxergam o açude de forma positiva, fato que também foi observado por GARCIA et al., 2011.

Essas duas perguntas são muito importantes, pois todos os entrevistados trabalham com o pescado e dependem direta ou indiretamente do açude para realizar seu trabalho, pois a atividade da aquicultura é realizada com a água do açude e a pesca é feita diretamente nele. Sendo assim, o açude é o responsável por dar condições de trabalho aos entrevistados. Então, através dessas perguntas podemos perceber como os entrevistados se sentem em relação a trabalhar com o açude e se gostam ou não do trabalho que realizam. Dessa forma podemos entender melhor como funciona e qual o tipo de relação que existe entre os entrevistados e o ambiente de trabalho, que nesse caso é topofílica (Tuan, 1980). Esse tipo de relação com o também foi encontrada por Bezerra (2011) em relação a forma como uma colônia de pescadores enxerga o Rio Paraguai. O que pode nos levar a entender determinadas posturas e ações em relação ao meio ambiente.

A terceira pergunta era sobre o que os entrevistados achavam que fazia parte do meio ambiente. Mais de 90% dos entrevistados afirmaram que os seres vivos (árvores, plantas, animais e pessoas) faziam parte do meio ambiente, assim como os elementos naturais (ar, água e terra). Em relação às coisas construídas, 75,9% afirmaram que elas faziam parte do meio ambiente, um resultado semelhante também foi encontrado por Santos et al., 2013, e 24,1% afirmaram que elas não faziam parte do meio ambiente. Isso reflete um pouco a ideia de que algumas pessoas ainda tem um conceito naturalista de meio ambiente (SANTOS & MACEDO, 2008), pois pensam nele como sinônimo de natureza e que as coisas construídas, como são artificiais, não fazem parte dele.

A quarta pergunta era sobre a possibilidade do trabalho realizado pelos entrevistados agredir o meio ambiente. Grande parte (73,1%) respondeu que ele era feito sem agredir o meio ambiente, 25 % afirmaram que era feito agredindo o meio ambiente e 3,8% afirmaram não saber. Muitos entrevistados afirmaram que a atividade

que realizam agride o meio ambiente pela forma como o peixe é pescado e muitos afirmam que a pesca é predatória:

"Tem muitas coisas que prejudica. A tarrafa, o arpão, a buia."

"Hoje os pescadores estão colhendo o que plantaram"

"... arpão, batendo buia... a gente mesmo que destruiu"

Um dos pescadores afirmou que antigamente havia fiscalização e que era para existir hoje em dia:

"Era pra ter o guarda da piscicultura (...) ai o pescador se ele pegar, por exemplo, quando ele é pra pesar no mínimo 500 g e o pescador pegar com 450 aquele peixe era apreendido, o pescador pagava uma multa e não tinha essa história de dispensar não!"

Dentro do eixo havia um bloco de perguntas especificamente relacionadas à "condição verde" da água. Em relação ao motivo pelo qual a água estava verde (questão aberta) (Figura 7), 29,4% afirmaram que era devido ao lodo que existia no açude, 23,5% afirmaram que era por causa da seca (categoria relativa às respostas "seca", "falta de chuva", "pouca água" e "falta de troca de água do açude"). É possível perceber que os entrevistados podem ter feito uma associação visual incorreta através da cor verde ao responder à pergunta. Pois, associaram a "água verde" ao lodo, ao capim e ao mato, todos são verdes e estão presentes no açude ou nas proximidades deste, mas não são responsáveis pela presença de cianobactérias ("condição verde" da água). Entretanto, em observações anteriores nos mesmos locais de estudo, alguns moradores usaram o termo "lodo" e o termo "algas" como sinônimos, associando às algas a cor verde da água. De acordo com Morin (2000), as percepções podem ser consideradas traduções de estímulos captados pelos sentidos, assim, há a ocorrência de muitos erros de percepção, principalmente através do sentido da visão, que é o mais presente na percepção. Também ocorreu uma associação com a seca, pois no período em que ela ocorre, há uma diminuição na quantidade de água no açude e com isso uma maior concentração de cianobactérias, tornando a água ainda mais verde, mas a seca não é responsável pelo surgimento das mesmas. Além disso, uma pequena parcela dos entrevistados fez uma associação correta entre a "condição verde" da água e a presença das algas, já que esta condição da água está ligada diretamente a presença de cianobactérias. Essa associação foi além da percepção da cor, e ocorreu juntamente com um conhecimento prévio, que pode ter sido adquirido através da mídia, professores e ações de educação ambiental (RODRIGUES, 2012),

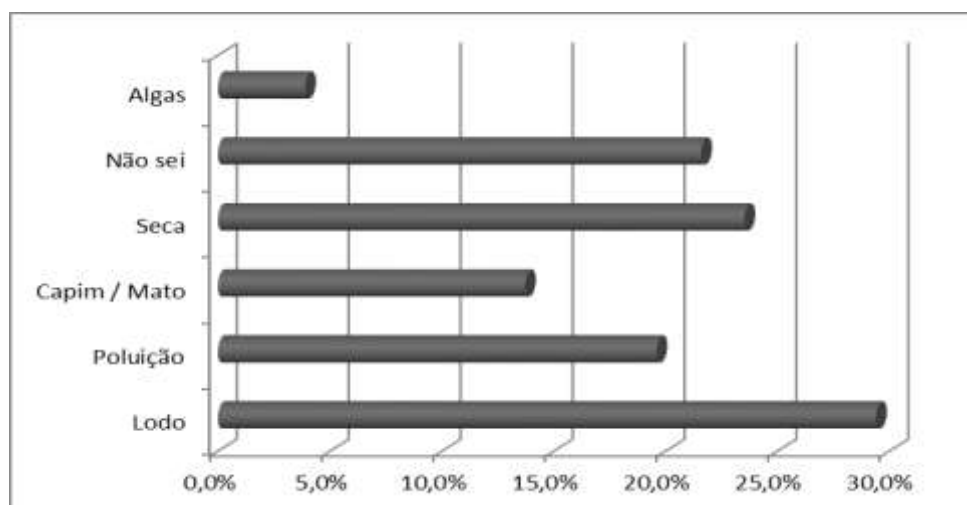


Figura 7 - Respostas dos entrevistados à pergunta: sabe dizer por que a água da barragem fica verde?

Quando perguntados sobre a possibilidade da água verde causar algum tipo de problema, 86,5% afirmaram que sim, desses 53,8% afirmaram que ela poderia causar problemas de doença e 3,8% afirmaram que ela poderia causar problemas para os peixes (Figura 8). Um estudo semelhante feito por MEDEIROS & ARAÚJO (2013) demonstrou resultados semelhantes em relação a possibilidade da água do açude causar algum tipo de problema. Essa pergunta foi feita no intuito de verificar se os entrevistados tinham conhecimento de que a água poderia causar problemas e em caso afirmativo, qual seria o tipo de problema mais citado por eles.



Figura 8 - Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde da barragem pode causar algum problema?

Quando perguntados diretamente sobre a possibilidade da água verde causar problemas de saúde, 88,5% afirmaram que sim. Os problemas de saúde citados pelos entrevistados foram doença nos rins (7%), diarreia (7%) e coceira (3%) (Figura 9). Apesar de poucos entrevistados terem informado esses problemas de saúde em suas respostas, muitos os mencionaram no decorrer da entrevista ou após a mesma.

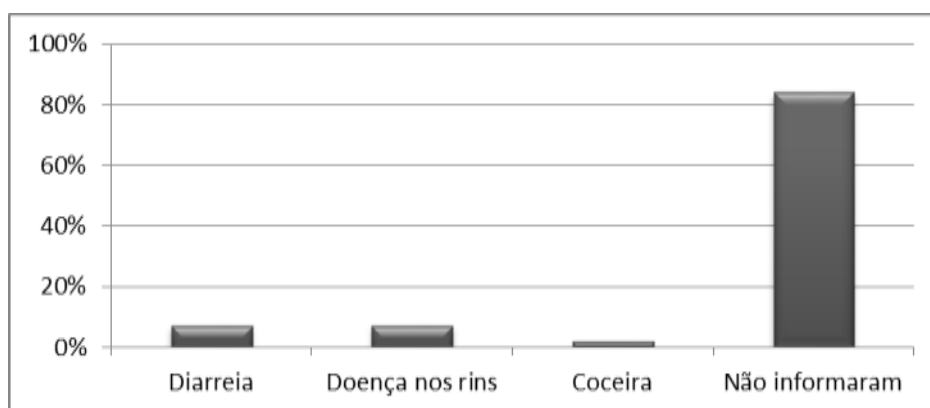


Figura 9- Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde pode causar algum problema de saúde para a população?

Diarreia e coceira podem também ser causadas pelas cianotoxinas (CHORUS & BARTRAM, 1999) e apesar delas não estarem ligadas comprovadamente a causa de algum tipo de doença nos rins (em humanos), as pessoas que apresentam uma debilidade em órgãos como o rim, estão no grupo de risco que pode ser afetado pelas

cianotoxinas (FALCONER, 1999). Esse exemplo de problema de saúde pode ser comparado com o episódio de intoxicação que ocorreu durante hemodiálise numa clínica em Caruaru – PE, pois a água usada para a hemodiálise estava contaminada com cianotoxinas (AZEVEDO et al., 2002).

Quando perguntados sobre a possibilidade da água verde causar algum problema para os peixes, 65,4% afirmaram que sim, 25% afirmaram que não e 9,6% afirmaram que não sabiam. A última pergunta desse bloco era sobre a possibilidade da água verde causar algum problema para o meio ambiente, 23,5% afirmaram que não, 5,9% afirmaram não saber e 70,6% afirmaram que sim, desses, 30,6% afirmaram que ela poderia causar doença e 19,4% citaram mau cheiro e 6% citaram morte de peixes e/ou poluição (Figura 10). É notável que apesar de quase todos os entrevistados nunca terem ouvido falar de cianotoxinas, eles têm o conhecimento local e sabem que há algo na água que causa problemas de saúde, que afeta os peixes e que causa mau cheiro.



Figura 10- Respostas complementadas pelos entrevistados quando responderam afirmativamente à pergunta: acha que a água verde pode causar algum problema para o meio ambiente?

A última pergunta desse eixo e da entrevista era sobre a possibilidade dos entrevistados poderem fazer algo para ajudar a água a ficar menos verde, 45,1% afirmaram que sim, citando não poluir a água, fazer algum tipo de tratamento ou mencionando que os cientistas poderiam fazer algo, já que muitas vezes eles analisam a água.

Esses resultados refletem uma realidade preocupante, pois mais da metade da população afirmou que não sabe ou não pode fazer nada para mudar a situação da má qualidade da água do açude. Isso mostra como é necessário fazer pesquisas sobre a percepção ambiental, já que o ser humano precisa enxergar que faz parte do sistema como um todo e precisa entender como o sistema funciona para então poder entender que ele tem direito a determinadas mudanças e é responsável por exigí-las. De acordo com Rodrigues et al., 2012 é preciso conhecer um tema para então se sentir motivado e participar. Apenas 7,8% afirmaram que a água do açude ficava verde por causa da poluição. Isso demonstra que grande parte dos entrevistados não sabe por que a água apresenta uma má qualidade. Sendo assim, muitos dificilmente saberiam se e como poderiam ajudar a reverter a situação.

De acordo com Rodrigues et al., 2012, pág. 107:

“... um conselho composto por representantes capacitados e engajados em integrar a comunidade à representação exercida assegura a veiculação de informação e estimula o sentimento de pertencimento e responsabilidade cidadã contribuindo para a postura participativa. Da mesma forma, o desenvolvimento e a comunicação de ações do poder público (execução de projetos,

educação ambiental, capacitação, entre outros), com transparência, podem destituir a imagem negativa apresentada e ser estímulo para a participação da comunidade ao estabelecer uma relação de confiança.”

Grande parte dos entrevistados disse, informalmente, que estão insatisfeitos com as ações políticas. Muitos afirmaram que os políticos não fazem nada para ajudar o município e que a maioria comprou votos ou realizou algum tipo de serviço na comunidade antes da eleição. E com isso afirmam que já cumpriram sua função, se negando a atender aos pedidos feitos pela população.

5. CONCLUSÕES

É possível perceber que os entrevistados têm conhecimento dos principais usos da água do açude e que eles possuem uma opinião positiva em relação ao mesmo. Apesar disso, eles estão insatisfeitos com a qualidade de água e só utilizam-na para consumo direto se não puderem comprar água mineral.

Percebeu-se que os entrevistados são capazes de reconhecer diversas fontes de poluição, apesar disso muitos não se consideram poluidores. É necessário haver um esclarecimento em relação ao tema, promovendo uma mudança de visão, para que o indivíduo se enxergue como um potencial poluidor e possa participar da preservação ambiental, contribuindo com a diminuição da poluição da água e minimizando impactos na saúde humana mais efetivamente.

Grande parte os entrevistados desconhecem o tratamento e destino da água da pesca do viveiro, como os efluentes das atividades aquícolas representam uma possível fonte de poluição, é preciso haver um esclarecimento relacionado ao tema, já que esse conhecimento é importante para que seja possível uma fiscalização por parte da população, que pode alertar sobre possíveis descartes inadequados de efluentes; estes contribuem com a eutrofização, fazendo com que haja um aumento das florações tóxicas produtoras de cianotoxinas, o que compromete a qualidade do pescado e da água para abastecimento, afetando a saúde da população, dos seres vivos e do ambiente.

Os entrevistados não tem conhecimento dos reais motivos que contribuem para a ocorrência da eutrofização. Além de não conhecerem esse termo, não estão familiarizados com os termos cianobactérias e cianotoxinas e não têm conhecimento sobre a possível acumulação delas no pescado. Apesar disso, os entrevistados sabem que quando a água está verde, existe algo (possivelmente cianotoxinas) que pode causar problemas de saúde e possivelmente outros problemas. Os principais problemas de saúde citados pelos entrevistados são alguns dos problemas que as cianotoxinas podem causar: diarreia, coceira e problemas nos rins. Esses temas precisam ser esclarecidos para a população, que precisa buscar soluções e medidas alternativas, junto aos governantes, para minimizar os impactos das florações tóxicas, no intuito de diminuir os prejuízos à saúde humana.

Os pescadores e aquícultores entrevistados veem o açude de forma positiva e dependem dele para sobreviver. Mas, grande parte desconhece o motivo responsável pela má qualidade da água do açude, por isso, desconhecem o fato de que pode contribuir para minimizar o problema da qualidade negativa da água.

Através das informações fornecidas pelos entrevistados, podem-se elaborar futuros trabalhos de sensibilização e educação ambiental através da escolha de metas e temas mais urgentes que possam ajudar a esclarecer as dúvidas da população, sendo

possível despertar nela um maior interesse e disposição para se envolver, tornando-se uma participadora ativa e para realizar ações para proteger o meio ambiente, fiscalizando, monitorando e exigindo do poder público o cumprimento do seu dever. Isto poderia contribuir para uma melhora na gestão e saúde públicas através de soluções alternativas, que são essenciais para minimizar impactos à saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S. Reuso na academia: pesquisadores da UFRN desenvolvem projeto de aproveitamento de esgotos tratados que é exemplo para o Brasil, mas pouco conhecido no estado, mesmo num período crítico de estiagem. **Novo Jornal**, 2013. Disponível em: <<http://www.novojornal.jor.br/conteudo/2013/04/cidades/10115-reuso-na-academia.php>>. Acesso em: 02 de novembro de 2013.

ARAÚJO, M.F.F.; DANTAS, C.M.; AMORIM, A.S.; SILVEIRA, M.L.; MEDEIROS, M.L.Q. Concepções prévias de professores do ensino básico de uma região semiárida sobre qualidade de água. **Educação Ambiental em Ação**. n. 38, 2011.

AZEVEDO, S. M. F. O.; CARMICHAEL, W. W.; JOCHIMSEN, E. M.; RINEHART, K. L.; LAU, S.; SHAW, G. R.; EAGLESHAM, G. K. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. **Toxicology**, v.181-182, p.441-446, 2002.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70. 5 ed., 2010.

BEZERRA, D. O. S.; OLIVEIRA, H. T. Impactos socioambientais no Rio Paraguai, Cáceres, Mato Grosso, Brasil percepção dos pescadores da Colônia Z - 2. **Ciênc. educ. (Bauru)**, v.17, n.4, p.957-973, 2011.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006

BREMM, R. R. R. *et al.* Potencial de uso de lodo de esgoto na cultura do milho em latossolo argiloso no oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.23, 2012.

CHORUS I. & BARTRAM J. (eds). **Toxic Cyanobacteria in water: A guide to the Public Health Consequences, Monitoring and Management**. E & FN Spon, London, p.416. 1999.

COSTA, I.A.S.; SANTOS, A.P.; SILVA, A.A.L.; MELO, S.G.; PANOSSO, R.F. & ARAÚJO, M.F.F. Floração de Algas Nocivas: ameaça às águas Potiguares. **Revista Fundação de Apoio a Pesquisa do Rio Grande do Norte**, v.1, n.4, p. 14-16, 2006a.

COSTA, I. A. S.; SOUZA, S. R.; PANOSSO, R. F.; ARAUJO, M. F. F.; MELO, J.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANTANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em açudes eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis (Impresso)**^{JCR}, v. 13, p. 382-401, 2009.

Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu. Disponível em:
<<http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>> Acesso em 14 abr.2013.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em:
<http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_reservatorio.php?codigo_reservatorio=18&descricao_reservatorio=Barragem+Armando+Ribeiro+Gon%EA7alves> Acesso em: 14 abr. 2013.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Global, 1998.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; PANOSSO, R.F.; ATTAYDE, J.L.; COSTA, I.A.S.; SANTOS, C.M.; ARAÚJO, M.F.F. Águas potiguares: oásis ameaçados. **Ciência Hoje**, v. 39, n. 233, 2006.

ESTEVES, F. A. Eutrofização artificial. In: _____. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, p. 203 – 216, 1998.

FALCONER, I. R. An Overview of problems caused by toxic blue-green algae (cyanobacteria) in drinking and recreational water. **Environmental Toxicology**, v. 14, p. 5-12, 1999.

FREITAS, I. M. D. A formulação de um conceito operacional em educação ambiental a partir de um contexto de múltiplas abordagens. **REVBEEA**, v.7, n.1, 2012.

FUNARI, E; TESTAI, E. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 38(2), p. 97-125, 2008.

GARCIA, A. C. F. S.; AMARAL, V. S.; MEDEIROS, S. R. B. Percepção Ambiental no Sertão do Estado do Rio Grande do Norte: Um estudo de caso. **Educação Ambiental em Ação**, n. 35, 2011.

GALVÃO, J. A.; KUJBIDA, P.; HILLER, S.; LUCKAS, B.; PINTO, E. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. **Toxicon**, v. 54, p. 891-894, 2009.

JUCHEN, C. R.; SUSZEK, F. L.; VILAS BOAS, M. A. Irrigação por gotejamento para produção de alface fertirrigada com águas residuárias agroindustriais. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 243-256, 2013.

KUBITZA, F. Larvicultura de Peixes Nativos. Panorama da Aquicultura, v.13, n.77, 2003.

MEDEIROS, M.L.Q & ARAÚJO, M.F.F. Protozoários, qualidade de água dos açudes e doenças de veiculação hídrica na percepção de professores e alunos de escolas públicas do ensino básico **Educação Ambiental em Ação**, n.45, 2013.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2000.

MUÑOZ, M. C. G. Principales tendencias y modelos de la Educación tal en el sistema escolar. **Revista Ibero Americana de Educación: Educação Ambiental: teoría y práctica**. n.11, p.13-74, 1996.

CARTE, R. Projeto estimula produção e venda de pescado no Rio Grande do Norte. **O Mossoroense**, 2013. Disponível em:

<<http://omossoroense.uol.com.br/index.php/economia/54277-projeto-estimula-producao-e-venda-de-pescado-no-rio-grande-do-norte>>. Acesso em 31 out. 2013.

OLIVEIRA, W; PIROLA, J.; PEREIRA, J. A relação da saúde com a qualidade do meio antrópico: Uma questão de debate. **Revista Brasileira de Educação Ambiental – REVBEA, Rio Grande**, n.6, p.20-27, 2011.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; CUNHA, S. R. S.; ATTAYDE, J. L.; GOMES, F. C. F. “Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)”. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n.3, p. 433-449, 2007.

PETROVICH, A. C.; ARAÚJO, M.F.F. Percepção de professores e alunos sobre os usos e a qualidade da água em uma região semi-árida brasileira. **Educação Ambiental em Ação**. n. 29, 2009.

RODRIGUES, M. L.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T. D. A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais. **Saúde Soc.** São Paulo, v.21, supl.3, p.96-110, 2012.

SANTOS, M. N. R.; Koneski, A. L. S.; SOUZA, F. H.; AMARAL, V. S. Diagnóstico da Percepção Ambiental de Moradores da Região de Agronegócio no Semiárido do RN-Brasil: Impactos dos Agrotóxicos ao Meio Ambiente. **Educação Ambiental em Ação**, n.43, 2013.

SANTOS, S. P.; MACEDO, S. **Educação ambiental: o que indicam as representações sociais de meio ambiente e percepção ambiental de educandos do ensino fundamental – 6º ano**. Universidade Federal de Uberlândia, p. 1-8, 2008.

SELLTIZ, C. e col. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. Tradução de Maria Martha Hubner de Oliveira. 2ª edição. São Paulo: EPU, 1987.

Tribuna do Norte. O panorama do setor pesqueiro no RN, 2012. Disponível em:

<<http://www.riograndedonorte.net/2012/11/26/o-panorama-do-setor-pesqueiro-no-rn/>>. Acesso em 31 de outubro de 2013.

TUAN, Y. **Topofilia – Um Estudo da Percepção, Atitudes e valores do Meio Ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1980

VILLAR,L.M; ALMEIDA, A.J.; LIMA, M.C.A; ALMEIDA, J.L.V.; SOUZA, L.F.B.; PAULA, V.S. A percepção ambiental entre os habitantes da região noroeste do estado do rio de janeiro. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v.12 (3), p. 537-43, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de um monitoramento de longo período foi possível demonstrar a presença de microcistinas e saxitoxinas em todas as amostras. O fato de elas estarem sempre presentes em muitos açudes do semiárido do RN demonstra sempre um risco em potencial principalmente para a saúde humana. Principalmente quando estão acima do limite, pois podem aumentar o risco de contaminação. Isso reforça a importância da prevenção de riscos relacionados à saúde pública e a importância de um monitoramento mais efetivo, que possa ocorrer de forma frequente e abranger mais açudes.

Conhecer a percepção ambiental de pescadores e aquicultores do semiárido norterio-grandense foi fundamental neste trabalho, pois foi possível ter conhecimento de como os entrevistados compreendem o ambiente, além de fornecer dados para subsidiar atividades de divulgação e educação científica com pescado através das informações fornecidas pelos entrevistados. Com isso, podem-se elaborar futuros trabalhos de sensibilização e educação ambiental através da escolha de metas e temas mais urgentes que possam ajudar a esclarecer as dúvidas da população. Através do esclarecimento das dúvidas relacionadas aos temas de interesse da população, é possível despertar nela um maior interesse e disposição para se envolver, tornando-se participadora ativa para realizar ações que podem proteger o meio ambiente, fiscalizando, monitorando e exigindo do poder público o cumprimento do seu dever. Incluindo a possibilidade de melhorar a gestão pública e buscando melhorias na saúde pública através de soluções alternativas, que são essenciais para minimizar impactos à saúde humana.

ANEXOS

Anexo 1. Questionário da Entrevista

QUESTIONÁRIO: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE PESCADORES E AQUICULTORES

Ler atentamente e responder às questões com um X. Nas perguntas abertas, responder com suas palavras

Sexo: () feminino () masculino () Despejo de lixo () Abastecimento
() Irrigação () Criação de
Idade: () 18-20 () 41-50 animais () Outros:
() 21-30 () 51-60 _____
() 31-40 () Acima de 60

Escolaridade: () árvores e plantas () ar, água e terra
() Sem escolaridade () 2 grau completo () as coisas construídas () as pessoas
() 1 grau incompleto () superior () os animais () nenhum desses
incompleto () 1 grau completo ()
superior completo () 2 grau incompleto

Cidade em que mora: _____

Há quanto tempo mora na cidade:

() 0-5 anos () 16-20 anos
() 6-10 anos () 21-25 anos
() 11-15 anos () Mais de 25 anos

Trabalha com qual especialidade?

() pesca () Cultivo em tanque-rederealiza (cultivo ou pesca) é realizada de
() Cultivo em viveiro

Há quanto tempo está nesse ramo?

() 0-5 anos () 16-20 anos
() 6-10 anos () 21-25 anos
() 11-15 anos () Mais de 25 anos

1. O que seu trabalho significa para você?

2. O que a barragem significa para você?
Como você a vê?

3. A água da barragem da sua cidade é usada para quê? (Pode responder mais de uma)

() Pesca () Despejo de esgoto

4. O que você acha que faz parte do meio ambiente?(Pode responder mais de uma)

() ar, água e terra
() as coisas construídas () as pessoas
() os animais () nenhum desses

5. Para você, o que é poluição?

6. Você acha que produz lixo e/ou esgoto?

() O dois () Só lixo () Só esgoto
() Não () Não sei

7. Você acha que a atividade que você realiza (cultivo ou pesca) é realizada de forma sustentável (sem agredir o meio ambiente)?

8. De onde vem a água usada para o cultivo?

9. Sabe dizer se é boa ou ruim para o cultivo? Se acha ruim, sabe dizer por que?

10. Você sabe dizer para onde vai à água da despesca?

11. A água de cultivo recebe algum tratamento antes de ser descartada ?
 NÃO NÃO SEI SIM, qual?

 agrotóxicos fertilizantes
 rações lixo da indústria
12. Sabe dizer por que a água da barragem fica verde?
 lixo das casas lixo do hospital
 produtos químicos
 outros: _____

13. Acha que a água verde da barragem pode causar algum problema? Qual (is)?

14. Acha que a água verde pode causar problemas de saúde para a população?

15. Acha que os peixes podem ser prejudicados pela água verde?
 NÃO NÃO SEI SIM

16. Acha que a água verde pode causar problemas para o meio ambiente?
 NÃO NÃO SEI SIM, quais?

17. Já ouviu falar em eutrofização?
 NÃO SIM, o que é?

18. Já ouviu falar em cianobactérias?
 NÃO SIM, o que são e onde vivem?

19. Quais desses agentes podem poluir a água? (Pode responder mais de uma)
 despejo de esgotos sem tratamento
 agrotóxicos fertilizantes
 rações lixo da indústria
 lixo das casas lixo do hospital
 produtos químicos
 outros: _____
20. Você acha que suas atividades podem contribuir com algum desses tipos de poluição citados? Se sim, qual (is)?

21. Você já ouviu falar em cianotoxinas, por exemplo, microcistinas?

22. Você acha que essas cianotoxinas podem afetar sua saúde?

23. Você já ouviu falar do problema da acumulação de microcistinas (ou outras cianotoxinas) no pescado?

24. Você acredita que essas cianotoxinas podem estar dentro dos peixes?

25. Acha que pode fazer algo para ajudar a água a ficar menos verde?

Anexo 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Biociências – Departamento de Microbiologia e parasitologia
Laboratório de Microbiologia Aquática

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Este é um convite para você participar da pesquisa: Percepção ambiental de pescadores e aquicultores em açudes de região semiárida do rn-brasil, que tem como pesquisador responsável Jessica Roberts Fonseca sob orientação da Professora Ivaneide Alves Soares da Costa.

Esta pesquisa pretende fazer um diagnóstico da percepção ambiental dos pescadores e aquicultores de alguns municípios próximos aos reservatórios Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves e Marechal Dutra, abordando questões relacionadas ao meio ambiente, à sustentabilidade ambiental e às atividades realizadas pelos entrevistados.

O motivo que nos leva a fazer este estudo é promover a participação da população que será de grande importância para essa pesquisa. Pois, ela pode fornecer informações únicas, já que está inserida num contexto que nós, pesquisadores, não estamos. Assim, seria impossível ter uma visão real da situação sem a contribuição dessas pessoas.

Caso você decida aceitar, você irá participar de uma entrevista com duração aproximada de 15 minutos onde pode haver a gravação de voz e para isso você deve permiti-la ou não. A entrevista abordará questões sobre o meio ambiente, poluição, consciência ambiental, sustentabilidade e usos do açude.

Os riscos de participar dessa entrevista são mínimos, já que sua participação é voluntária, você pode desistir a qualquer momento e não é obrigado (a) a responder nenhuma pergunta que possa lhe causar algum tipo de constrangimento. Além disso, mesmo na publicação dos resultados dessa pesquisa, não será divulgado nenhum dado que possa lhe identificar. Mas, caso você seja prejudicado devido a participação nessa pesquisa, você deve informar ao pesquisador responsável e será ressarcido.

Como benefício haverá a participação da comunidade contribuindo com as informações que possam auxiliar na criação de estratégias para amenizar e talvez criar possíveis soluções para determinados problemas ambientais e de saúde pública, além de contribuir com possíveis estratégias futuras de educação ambiental.

As entrevistas fazem parte de um projeto maior e irão contribuir com uma pesquisa de mestrado, na qual, além de diagnosticar a percepção ambiental dos pescadores e aquicultores, temos como objetivo quantificar as cianotoxinas na água e no pescado e divulgar os resultados dessa investigação para a população.

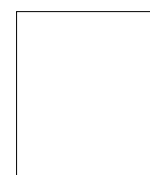
Você ficará com uma cópia desse termo (TCLE) e durante todo o período da pesquisa você poderá tirar suas dúvidas ligando para Jessica Roberts Fonseca no telefone (84) 8877-9055 ou por email: jrf1986@gmail.com.

Qualquer dúvida sobre a ética dessa pesquisa você deverá ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, telefone 3215-3135.

Concordo em participar da pesquisa, autorizo a gravação de voz e declaro ter recebido uma cópia desse termo.

Assinatura do participante da pesquisa

Jessica Roberts Fonseca
Pesquisadora (mestranda) responsável



Impressão
datiloscópica do
participante

Cidade: _____ Data: _____